

소프트렌즈 재질 별 누액단백질 침착 및 계면활성제 종류에 따른 다목적용액의 세척효율

박미정, 권용대, 이왕재, 김소리*

서울과학기술대학교 안경광학과, 서울 139-743

투고일(2014년 05월 8일), 수정일(2014년 06월 2일), 게재확정일(2014년 6월 18일)

목적: 본 연구에서는 계면활성성분 및 함유량이 다른 콘택트렌즈 관리용액의 세척효율 및 가시광선투과율에 미치는 영향을 알아보려고 하였다. **방법:** 다른 재질의 소프트렌즈(etafilcon A 및 hilafilcon B 재질)에 인공누액을 이용하여 각각 단백질을 침착시킨 후 계면활성성분 및 함유량이 다른 6종류의 다목적용액을 사용하여 세척한 후 그에 따른 세척효율 및 광투과율을 비교하였다. **결과:** Etafilcon A 재질 렌즈의 경우 다목적용액으로 문지르기를 하여 세척하였을 때 세척효율은 다목적용액의 계면활성성분 농도와 표면장력에 따라 약 23~43%로 다양하게 나타났으며, 계면활성성분 이외에 과산화수소를 함유하는 다목적용액으로 세척 시 가장 높은 세척효율을 보였으나 렌즈에 잔존하는 단백질량이 많았다. 다목적용액으로 세척 후 가시광선투과율은 89.8%~90.8%으로 나타났다. Hilafilcon B 재질 렌즈에서는 인공누액에 7일간 배양하더라도 침착되는 단백질양이 매우 적어 etafilcon A 재질 렌즈의 5~10% 수준의 단백질량을 보였으며 가시광선투과율 감소도 크지 않았다. 다목적용액으로 문지러 세척하였을 경우 45.4~67.4%의 세척효율을 보였으나 etafilcon A 재질 렌즈와는 다른 세척효율 순서를 보였으며, 광투과율은 새 렌즈 수준으로 회복되었다. **결론:** 이상의 결과로 소프트렌즈의 단백질 침전물의 올바른 관리를 위하여서는 다목적용액의 계면활성성분이나 원리에 대한 이해를 바탕으로 렌즈 재질과 침착된 단백질량에 따라 적절한 다목적용액을 선택하여야 하며, 제조사의 가이드라인과 상관없이 문지르기를 하여 관리하는 것이 보다 효율적임을 알 수 있었다.

주제어: 소프트렌즈, 다목적용액, 계면활성성분, 세척방법, 세척효율, 가시광선투과율

서 론

소프트렌즈가 처음 도입되었을 당시 시력 교정자 중 소프트렌즈를 착용하는 사람은 0.7%에 불과하였으나, 1999년도에는 6.1%에 이르렀고,^[1] 2013년도에는 시력교정을 위하여 소프트렌즈를 착용하는 사람의 비율은 8%로 조사된 바 있다.^[2] 각막질환의 치료 및 미용 등의 이유로 렌즈를 착용하는 사람들까지 포함된다면 소프트렌즈 사용자는 더 많을 것으로 여겨진다.

소프트렌즈의 경우 렌즈재질, 렌즈피팅상태, 착용자 눈물의 양, 성분 및 pH, 순목 및 착용습관, 관리방법, 착용기간 등에 따라 렌즈에 이물질이 다양하게 침착되는데^[3,4] 이는 착용감 저하나 시력저하, 염증질환, 세균감염, 렌즈 변색 등의 부작용을 유발시킬 수 있다.^[5,6] 이러한 부작용을 방지하기 위해서 다양한 종류의 콘택트렌즈 세척제, 단백질제거 효소제 및 다목적용액이 판매되고 있으나 각 관리

용품의 대표성분만 대략적으로 알 수 있을 뿐이다. 따라서 제한된 콘택트렌즈 재질을 이용한 관리용액의 세척효율이나 살균효율의 비교연구가 대부분이며 계면활성성분이나 농도 간의 실질적인 세척효율을 비교한 연구는 많지 않은 실정이다.^[7-10] 최근 본 연구진은 선행연구에서 콘택트렌즈 관리용액의 세척효율은 함유된 계면활성성분의 종류보다는 농도에 영향을 받으며, 표면장력이 낮을수록 실리콘 하이드로겔 렌즈에 부착된 단백질에 대한 세척효율이 높아짐을 보고한 바 있다.^[11] 그러나 계면활성성분은 안자극성이나 접촉성 피부염 등 피부질환의 위험성이 꾸준히 제기되고 있어 세척효율을 높이기 위해 고농도의 계면활성성분을 사용하기에는 무리가 있다.^[12] 이에 본 연구에서는 선행연구의 후속연구로 재질이 다른 소프트렌즈(etafilcon A 및 hilafilcon B 재질)에 단백질을 침착시킨 후 계면활성성분과 농도가 다른 6종류의 다목적용액의 세척력을 서로 비교하고, 세척효율에 따른 광투과율 변화를 알아보려고 하였다.

*Corresponding author: So Ra Kim, TEL: +82-2-970-6264, E-mail: srk2104@seoultech.ac.kr

실험재료 및 방법

1. 소프트렌즈 및 렌즈관리용액

사용된 렌즈는 하이드로겔 렌즈로서 etafilcon A(FDA

group IV) 및 hilafilcon B(FDA group II) 재질의 렌즈 (-3.00 D)를 사용하였다(Table 1).

단백질제거에 사용된 관리용액은 계면활성성분에 따라 poloxamine 및 poloxamer의 두 계열로 나누고 계면활성성

Table 1. The general properties of soft contact lenses used in the study

Proprietary Name	SofLens 59	1-DAY ACUVUE
USAN	hilafilcon B	etafilcon A
Manufacturer	Bausch & Lomb	Johnson & Johnson
FDA Group	II	IV
Base curve (mm)	8.6	8.5
Diopter (D)	-3.00	-3.00
Central Thickness (mm)	0.09 @ 3.00 D	0.084 @ 3.00 D
Oxygen transmissibility (Dk/t)	24	33
Water content (%)	59	58
Replacement schedule	2 weeks	Daily disposable

Table 2. Multi-purpose solutions used in the experiment

Surfactant		Product	Component	
Poloxamine	T1107	BT	Disinfectant	Polyaminopropyl biguanide 0.00013%, polyquaternium 0.0001%
			Surfactant	Poloxamine 1%
			Buffer system	Borate buffer
			Others	Hyaluronan, sulfobetaine, edetate disodium, NaCl
		RS	Disinfectant	Polyaminopropyl biguanide 0.00005%
			Surfactant	Poloxamine 1%
			Buffer system	Borate buffer
			Others	Edetate disodium, NaCl
	T1304	OR	Disinfectant	Polyquaternium-1 0.001%, Aldox 0.0005%
			Surfactant	TearGlyde (Tetronic 1304 0.1% + C9-ED3A)
			Buffer system	Citrate buffer, borate buffer
			Others	NaCl, propylene glycol 1%
		OP	Disinfectant	Polyquaternium-1 0.001%, Aldox 0.0006%
			Surfactant	Tetronic 1304 0.1%, EOBO-41 (Hydraglyde Moisture Matrix)
			Buffer system	Citrate buffer, borate buffer
			Others	Aminomethylpropanol, NaCl, disodium EDTA, sorbitol
Poloxamer	F127	AQ	Disinfectant	Polyhexamethylene biguanide 0.0001%
			Surfactant	Pluronic F127 0.1%
			Buffer system	Phosphate buffer
			Others	0.1% hyalurinic acid, sorbitol, tromethamine, dihydrogen, dexpanthenol, sodium perborate, edetate disodium dihydrate 0.025%,
	17R4	AO	Disinfectant	Hydrogen peroxide 3%
			Surfactant	Pluronic 17R4
			Buffer system	Phosphate buffer
			Others	Phosphonic acid, NaCl

분의 농도와 조정에 따라 총 6개의 다목적용액 제품을 선정하였으며(Table 2),^[10,13-16] 제조사에서 권장하는 사용방법에 따라 세척을 시행하였다.

2. 인공누액의 제조

인산완충용액 100 ml(pH 7.4, 0.01M)에 알부민 0.54 g, 뮤신 0.18 g, 글로불린 0.18 g, 리소자임 0.18 g, CaCl₂ 0.001 g을 넣고 인공누액을 제조하였다.^[17]

3. 실험 방법

1) 단백질의 침착

인공누액 5 ml에 -3.00 D의 hilafilcon B 및 etafilcon A 재질 렌즈를 넣고 상온에서 hilafilcon B 재질 렌즈는 7일 동안, etafilcon A 재질 렌즈는 8시간 동안 각각 교반기(CR-300, Fine-PCR, Korea)를 이용하여 50rpm의 속도로 교반하면서 단백질을 침착시켰다.

2) 세척

인위적으로 단백질을 침착시킨 렌즈를 각 관리용액 별 제조사의 가이드라인에 따라 RS와 BT는 4시간 동안, OR, OP 및 AO는 6시간 동안, AQ는 5분 동안 각각의 다목적용액에 담가두었다. 세척 시 제조사의 권장유무에 상관없이 문지르기를 시행한 군(rub)과 시행하지 않은 군(no rub)으로 나누어 세척결과를 비교하였다. 세척 시 문지르기를 권유한 관리용액은 RS, BT, OP 및 AQ이었으며, 문지르기를 권유하지 않은 관리용액은 AO이었고, OR은 의사의 권유 시에만 문지르기를 권유하였다.^[12-16]

3) 단백질 추출 및 정량

세척된 렌즈를 4등분하여 에펜도르프 튜브에 넣은 후 sodium dodesyl sulfate완충용액을 250 µl 만큼 넣고 95°C에서 15분을 끓인 후 다시 20분을 식혀서 250 µl의 단백질 추출액을 얻고 같은 과정을 반복하여 총 500 µl의 단백질 추출액을 얻고 Lowry 방법으로 렌즈 당 부착 단백질을 정량하였다.^[18]

4) 렌즈의 가시광선투과율 측정

UV spectrometer(CL-100, TM-1, Topcon, Japan)를 사용하여 각 렌즈의 가시광선투과율을 측정하였다. 렌즈 재질 별로 slide glass 위에 부착하여 투과도를 측정하였으며, 단백질을 침착시키지 않은 새 렌즈와 침착시킨 단백질을 관리용액으로 세척한 렌즈의 광투과율을 각 3회씩 측정 후 평균값을 구하여 비교하였다.

5) 통계처리

모든 실험결과는 3회 반복실험하여 평균±표준편차로

나타냈으며, 다목적용액의 세척효율과 광투과율에 미치는 영향은 one-way ANOVA로 유의성을 검정하여 p<0.05인 결과가 나왔을 때 사후검정으로 Dunnett's multiple comparison test를 시행하였다. 각 다목적용액 간의 문지르기 한 결과와 문지르기를 하지 않은 결과의 차이는 t-test로 검정하여 p<0.05일 때 통계적으로 유의한 차이가 있다고 판정하였다.

결과 및 고찰

1. 다목적용액의 계면활성성분에 따른 단백질 세척효율

Etafilcon A 및 hilafilcon B 재질 렌즈에 침착된 단백질을 6종의 다목적용액(RS, BT, OR, OP, AQ 및 AO)을 이용하여 문지르기를 했을 경우와 안했을 경우로 나누어 세척 후 단백질 양을 비교하였다(Tables 3, 4, 5 and 6). 렌즈 관리용액 중 RS, BT, OR 및 OP는 계면활성성분으로 poloxamine(Tetronic)을 함유하고 있으며, AQ 및 AO는 계면활성성분으로 poloxamer(Pluronic)를 함유하고 있다.

1) Etafilcon A 재질 렌즈

Etafilcon A 재질 렌즈를 5 ml의 인공누액에 8시간 침착시켰을 때 침착된 단백질 양은 2484.6±81.5 µg/lens로 새 렌즈와 비교하여 통계적으로 유의한 차이(p=0.000 by t-test)를 나타내었으며 6종류의 다목적용액으로 세척한 경우 렌즈에 남아있는 침착 단백질량은 통계적으로 유의한 차이를 나타내었다(p=0.0046 by one-way ANOVA).

즉, RS의 경우 문지르기를 하지 않았을 때의 단백질량은 2060.9±80.2 µg/lens로 나타났으며, 문지르기를 시행하였을 때의 단백질량은 1813.7±119.9 µg/lens로 나타나 두 경우 모두 세척 전과 비교하여 통계적으로 유의한 단백질량의 감소를 보였다(p<0.01 by one-way ANOVA and Dunnett's multiple comparison), (Table 3). BT로 세척 시 단백질량은 문지르기를 하지 않았을 경우 2066.0±102.6 µg/lens이었으며, 문지르기를 추가했을 경우 1800.2±133.5 µg/lens로 나타나 세척 전과 비교하여 유의한 차이(p<0.01 by one-way ANOVA and Dunnett's multiple comparison)를 보였다. OR로 세척했을 때 렌즈에 남아있는 단백질량은 문지르기를 안했을 경우 1917.1±102.6 µg/lens이었으며, 문지르기를 추가하였을 경우는 1559.3±96.5 µg/lens의 침착량을 보여 모두 세척 전과 비교하여 통계적으로 유의한 수준의 세척이 이루어졌음을 알 수 있었다(p<0.01 by one-way ANOVA and Dunnett's multiple comparison). OP로 세척 시 문지르기를 안했을 경우 침착된 단백질량은 2090.5±88.2 µg/lens이었으며, 문지르기를 했을 경우는 1903.0±121.4 µg/lens의 단백질량이 측정되었으며 세척

Table 3. Protein amount on etafilcon A lens cleaned with multi-purpose solutions containing poloxamine (unit : $\mu\text{g}/\text{lens}$)

	Poloxamine (T1107)				Poloxamine (T1304)			
	RS		BT		OR		OP	
	No Rub	Rub	No Rub	Rub	No Rub	Rub	No Rub	Rub
No cleaning	2484.6 \pm 81.5				2484.6 \pm 81.5			
After cleaning	2060.9 \pm 80.2	1813.7 \pm 119.9	2066.0 \pm 102.6	1800.2 \pm 133.5	1917.1 \pm 102.6	1559.3 \pm 96.5	2090.5 \pm 88.2	1903.5 \pm 121.4

Table 4. Protein amount on etafilcon A lens cleaned with multi-purpose solutions containing poloxamer (unit : $\mu\text{g}/\text{lens}$)

	AO		AQ	
	No Rub	Rub	No Rub	Rub
No cleaning	2484.6 \pm 81.5			
After cleaning	1683.4 \pm 188.1	1414.9 \pm 130.4	1991.0 \pm 52.7	1749.0 \pm 96.8

전의 단백질량과 비교하여 통계적으로 유의한 차이($p < 0.05$ by one-way ANOVA and Dunnett's multiple comparison)를 보였다.

Poloxamer 및 과산화수소수를 함유하는 AO로 세척 시 문지르기를 하지 않은 경우는 1683.4 \pm 188.1 $\mu\text{g}/\text{lens}$ 의 침착 단백질량, 문지르기를 했을 때에는 1414.9 \pm 130.4 $\mu\text{g}/\text{lens}$ 의 침착 단백질량이 측정되었다($p < 0.001$ by one-way ANOVA and Dunnett's multiple comparison), (Table 4). 다목적용액인 AQ로 렌즈세척 시 문지르기를 안 했을 경우 측정된 침착 단백질량은 1991 \pm 52.7 $\mu\text{g}/\text{lens}$ 이었으나 문지르기를 했을 경우에는 1749 \pm 96.8 $\mu\text{g}/\text{lens}$ 의 침착 단백질량이 측정되었다($p < 0.01$ by one-way ANOVA and Dunnett's multiple comparison), (Table 4).

Etafilcon A 재질 렌즈는 이온성, 고함수의 렌즈로 침착되는 단백질량이 많을 뿐만 아니라 그 종류도 크기가 작고 이온을 띄는 리소자임이 대부분이어서 렌즈 pore속에서 침착되므로 다목적용액으로 세척을 하더라도 세척되지 않고 렌즈에 잔존하는 단백질량이 많아 50%가 넘지 않는 세척효율을 보였다(Fig. 1). 즉, RS의 세척효율은 문지르기를 안했을 경우 약 17%, 문지르기를 했을 경우 약 27%로 나타났으며($p = 0.006$ by t-test, no-rub vs rub), BT의 세척효율은 문지르기를 안했을 경우 약 16.9%, 추가했을 경우 약 27.6%이었다($p = 0.006$ by t-test, no-rub vs rub). OR의 세척효율은 문지르기를 하지 않았을 때는 약 22.9%, 문지르기를 추가하였을 때는 37.2%로 나타나 문지르기를 하지 않은 경우보다 14.3% 증가된 세척효율을 보였으며($p = 0.000$ by t-test, no-rub vs rub), 문지르기를 하지 않은 OP의 세척효율은 약 15.7%이었으나, 문지르기를 했을 경우는 약 23.4%로 나타나 7.5%가량 더 높은 세척효율을 보였다($p = 0.038$ by t-test, no-rub vs rub). AO의 세척효율은 문지르기를 하지 않았을 경우 32.3%에서, 문지르기를 하

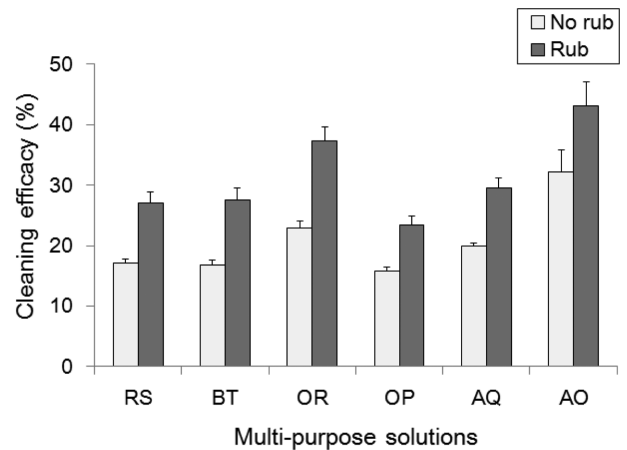


Fig. 1. The cleaning efficacy of multi-purpose solutions on etafilcon A lens.

였을 경우는 43.1%로 약 12% 가량 증가된 세척효율을 보였으며($p = 0.024$ by t-test, no-rub vs rub), AQ의 세척효율은 문지르기를 하지 않았을 경우 19.9%에서, 문지르기를 추가하였을 경우 29.6%로 증가하여 약 10% 가량 증가된 세척효율을 보였다($p = 0.003$ by t-test, no-rub vs rub).

Etafilcon B 재질 렌즈에서 6개 다목적용액의 평균 세척효율을 비교하여 보면 제조회사의 권장방법에 따라 세척하였을 경우는 OR(문지르기 하였을 경우) \geq AO \approx AQ \geq BT \approx RS $>$ OP의 순으로 나타났으며 세척효율은 40%를 넘지 않았다(Fig. 1). 제조회사의 권장방법과 상관없이 모두 문지르기를 하여 세척하였을 때는 AO \geq OR $>$ AQ \geq BT \approx RS $>$ OP의 순으로 나타났으며 AO의 경우는 40%가 넘는 세척효율을 보였다. 문지르기를 생략한 경우에는 문지르기가 필수권장사항이 아닌 OP 및 AO를 제외하고는 모두 20% 이하의 세척효율을 보였다. 다목적용액 중 RS와 BT는 계면활성성분으로 poloxamine계열 중

T1107(mw=15,000)을 함유한 제품이었으며, OR 및 OP는 poloxamine계열 중 T1304(mw=10,500)를 함유한 제품이 었다. BT 및 RS는 T1107을 1%(=6.67×10⁻⁴ M), OR 및 OP 는 T1304를 0.1%(=9.52×10⁻⁵ M)을 함유하고 있다. 계면 활성성분이 다목적용액 내에서 그 효과를 내기 위하여서 는 미셀임계농도 이상의 농도가 함유되어 있어야 하는데 poloxamine의 미셀임계농도는 4.6~5.6×10⁻⁴M이므로 T1107 를 함유하는 BT 및 RS내에는 모두 미셀임계농도 이상이 함유되어 있었으나 OR 및 OP내에는 그 이하인 약 1/5 가 량 함유되어 있었다. 이로써 BT나 RS가 OP나 OR보다 세 척효율이 높으리라 예상하였으나 실제 세척효율은 오히려 OP나 OR이 더 높게 나타났는데 이는 OP나 OR에는 poloxamine 계열 이외의 계면활성성분이 추가로 함유되어 있기 때문인 것으로 생각되었다. 실제로 계면활성성분이 다목적용액 내에 혼합되어 세척효과를 나타낼 때에는 제 조된 다목적용액의 표면장력이 물의 표면장력인 72.15± 0.06 mN/m보다 낮아야 한다. 본 연구진의 선행연구에서 T1107을 함유하는 BT 및 RS의 표면장력은 각각 40.81± 0.30 및 41.36±0.07 mN/m로 측정된 바 있으며, T1304 이 외에 다른 계면활성성분을 함유하는 OR 및 OP의 표면장 력은 각각 34.39±0.05 및 34.79±0.08 mN/m로 측정되었 다.^[11] 이는 다목적용액은 계면활성제 뿐만 아니라 살균제 , 킬레이팅제, 산도조절제 등이 포함되어 있기 때문에 여 러 성분들 간의 상호작용으로 인하여 표면장력이 영향을 받기 때문이다.^[19] 이러한 현상으로 미루어 볼 때 etafilcon A 재질 렌즈에서 다목적용액의 세척효율은 계면활성성분 종류나 미셀임계농도 이상 함유 여부보다는 제조된 다목 적용액이 가지는 표면장력에 의해 우선적으로 영향을 받 는 것으로 생각된다.

AQ 및 AO는 계면활성성분으로 poloxamer계열의 pluronic F127(mw=12600) 및 pluronic 17R4(mw=2650)을 함유한 제품으로 AQ는 0.1% poloxamer를 함유하는 것으로 알려 졌으나 AO에 함유된 pluonic 17R4의 농도는 알려져 있지 않다(Table 2). Pluronic F127의 미셀임계농도는 2.8×10⁶ M이 며^[11] AQ에 함유된 F127의 농도는 7.9×10⁵ M이므로 미셀 임계농도 이상으로 함유되어 있음을 알 수 있다. 선행연구 에서 AQ의 표면장력은 39.50±0.52 mN/m로 측정된 바

있는데 0.1% F127의 표면장력은 41 mN/m이므로 미셀임 계농도 이상의 계면활성성분을 함유할 때 표면장력은 낮 아짐을 확인하였다. 한편 AQ의 표면장력은 43.79±0.12 mN/m로 측정되었는데 문헌상의 0.1% 17R4의 표면장력 이 44 mN/m인 점을 미루어 보면^[20] AQ 내의 함유된 pluronic 17R4의 농도는 0.1% 이상은 되지 않을 것이라 추정 할 수 있다. 본 연구결과 AQ나 AO의 표면장력이 poloxamine 계열의 다목적용액인 BT, RS, OR 및 OP보다 높음에도 불구하고 etafilcon A 재질 렌즈에 부착된 단백질의 세척효율 은 오히려 높게 나타났으므로 계면활성성분의 미셀임계농 도 충족여부나 다목적용액의 표면장력이 세척효율 평가에 절대적인 기준이 될 수 없음을 확인하였다.

2) Hilafilcon B 재질 렌즈

Hilafilcon B 재질 렌즈를 7일 동안 인공누액에 침지시 켜 단백질을 침착시켰을 때 침착 단백질량은 158.5±48.4 µg/lens로 측정되어 새 렌즈와 비교하여 통계적으로 유의 한 차이(p=0.000 by t-test)를 보였으며 6종류의 다목적용 액으로 세척한 후 남아있는 침착 단백질량은 세척 전과 비교하여 통계적으로 유의하게 감소하였다(p=0.0187 by one-way ANOVA).

즉, RS로 세척 시 문지르기를 하지 않았을 때 침착 단 백질량은 100.3±18.4 µg/lens이었으며, 문지르기를 추가 하였을 경우에는 91.9±22.6 µg/lens의 침착 단백질량이 측정되어 통계적으로 유의한 차이(p<0.05 by one-way ANOVA and Dunnett's multiple comparison)를 보였다(Table 5). BT로 세척할 경우 문지르기를 생략하였을 때에는 98.1± 19.9 µg/lens의 침착 단백질양이, 문지르기를 했을 때에는 78.7±20.8 µg/lens의 침착 단백질양이 측정되었다(p<0.05 by one-way ANOVA and Dunnett's multiple comparison), (Table 5). OR로 누액단백질이 침착된 hilafilcon B재질 렌즈를 세 척했을 때 문지르기를 생략한 경우는 79.9±37.0 µg/lens 의 침착 단백질량, 문지르기를 추가하였을 경우에는 55.9±26.8 µg/lens의 침착 단백질량이 측정되었다(p<0.01 by one-way ANOVA and Dunnett's multiple comparison), (Table 5). OP로 세척 시 문지르기를 안 했을 경우 111.5 ±24.7 µg/lens의 침착 단백질량, 문지르기를 했을 경우

Table 5. Protein amount on hilafilcon B lens cleaned with multi-purpose solutions containing poloxamine (unit : µg/lens)

	Poloxamine (T1107)				Poloxamine (T1304)			
	RS		BT		OR		OP	
	No Rub	Rub	No Rub	Rub	No Rub	Rub	No Rub	Rub
No cleaning	158.5±48.4				158.5±48.4			
After cleaning	100.3±18.4	91.9±22.6	98.1±19.9	78.7±20.8	79.9±37.0	55.9±26.8	111.5±24.7	86.6±34.0

Table 6. Protein amount on hilafilcon B lens cleaned with multi-purpose solutions containing poloxamer (unit : µg/lens)

	AO		AQ	
	No Rub	Rub	No Rub	Rub
No cleaning	158.5±48.4			
After cleaning	111.3±12.6	66.2±17.8	92.21±11.8	72.2±8.1

에는 86.6±34.0 µg/lens의 침착 단백질량이 측정되어 세척 전과 비교하여 통계적으로 유의하게 세척이 이루어졌음을 확인하였다(p<0.05 by one-way ANOVA and Dunnett's multiple comparison).

AO로 hilafilcon B 재질렌즈의 세척 시 문지르기를 안했을 경우 111.3±12.6 µg/lens의 침착 단백질이, 문지르기를 했을 경우에는 66.2±17.8 µg/lens의 침착 단백질량이 측정되었다(p<0.05 by one-way ANOVA and Dunnett's multiple comparison),(Table 6). AQ로 세척 시 92.2±11.8 µg/lens의 침착 단백질량이 나타났으며, 문지르기를 했을 경우에는 72.2±8.1 µg/lens의 침착 단백질이 남아있었다(p<0.05 by one-way ANOVA and Dunnett's multiple comparison),(Table 6).

Hilafilcon B 재질 렌즈는 비이온성, 고함수의 렌즈로 침착 단백질량은 etafilcon A 재질 렌즈에 비해 크게 적을 뿐만 아니라 부착되는 단백질도 이온을 띄는 리소자임이 아닌 알부민이나 글로불린으로 렌즈 pore속에 침착이 되지 않으므로 다목적용액으로 세척 시 etafilcon A 재질 렌즈의 경우보다 세척효율은 우수하였다(Fig. 2). 즉, hilafilcon B 재질 렌즈에 대한 RS의 세척효율은 문지르기를 생략했을 경우에는 36.7%이었으며, 문지르기를 실시하였을 경우는 평균 42.1%을 보여 5.4%의 세척효율 증가를 보였고(p=0.781 by t-test, no-rub vs rub), BT의 세척효율은 문지르기를 하지 않았을 경우 38.1%에서 문지르기를 추가하였을 경우는 50.4%로 나타나 12.3%의 세척효율 증가를 보였다(p=0.267 by t-test, no-rub vs rub). OR의 세척효율은 문지르기를 하지 않았을 경우 49.6% 정도이었으며, 문지르기를 시행하였을 경우는 64.7%로 그 효율이 상승하였고(p=0.373 by t-test, no-rub vs rub), OP의 세척효율은 문지르기를 안했을 경우 29.7%에서, 문지르기를 추가 시행하였을 경우는 45.4%로 나타났다(p=0.238 by t-test, no-rub vs rub). AO의 세척효율은 문지르기를 하지 않았을 경우는 29.8%, 문지르기를 했을 경우는 58.2%로 나타나 약 28.4%의 증가를 보였으며(p=0.854 by t-test), AQ의 세척효율은 문지르기를 생략했을 경우 38.1%에서 문지르기를 시행하였을 경우 54.4%로 세척효율이 16.3% 가량 증가하였다(p=0.267 by t-test, no-rub vs rub). 이렇듯 다목적용액을 이용하여 hilafilcon B 재질 렌즈에 침착된 단백질을 제

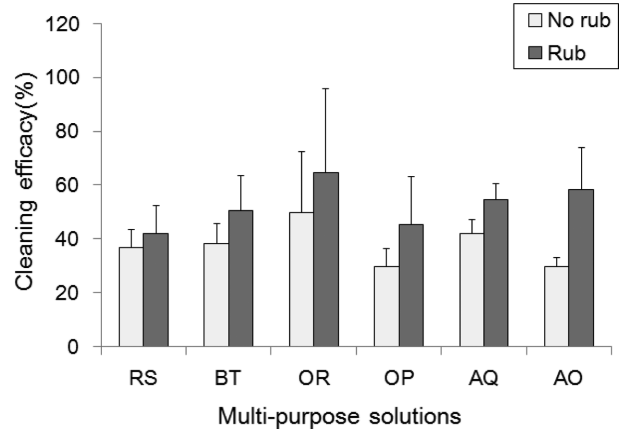


Fig. 2. The cleaning efficacy of multi-purpose solutions on hilafilcon B lens.

거하였을 때 문지르기와 문지르기 생략 사이의 세척효율은 통계적으로 유의한 차이는 아니었다.

Hilafilcon B 재질 렌즈에서 6개 다목적용액의 평균 세척효율을 비교하여 보면 제조회사의 권장방법에 따라 세척하였을 경우는 OR(문지르기 하였을 경우) ≥ AQ ≃ BT ≥ OP ≃ RS > AO의 순으로 나타났으며 세척효율은 약 30~65%까지 다양하게 나타났다(Fig. 2). Hilafilcon B 재질 렌즈에 부착된 단백질의 세척효율은 etafilcon A 재질 렌즈의 경우와는 다르게 나타났는데 과산화수소수를 함유하여 렌즈 중합체의 cross-linking 사이를 팽윤시킴으로 etafilcon A 재질 렌즈에서는 가장 우수한 세척효율을 보였던 AO는 비이온성 재질인 hilafilcon B 렌즈에서는 그 효과가 상대적으로 감소하였다. OR을 제외하고 poloxamine을 함유한 RS, BT 및 OP의 세척효율은 비슷한 수준이었다. 한편, 제조회사의 권장방법과 상관없이 모두 문지르기를 하여 세척하였을 때는 OR ≥ AO ≃ AQ ≥ BT ≥ OP ≃ RS의 순으로 나타났으며 세척효율 또한 문지르기를 하지 않은 경우와 비교하고 적게는 5.4%에서 크게는 약 30% 가량 증가된 경향을 보였다. 문지르기를 생략한 경우에는 문지르기가 필수권장사항이 아닌 OP 및 AO는 가장 낮은 약 30% 정도의 세척효율을 보였다. Hilafilcon B 재질 렌즈의 경우도 역시 etafilcon A 재질과 마찬가지로 다목적용액의 제조회사 가이드라인과 상관없이 문지르기를 하였을 경우가 그렇지 않은 경우보다 단백질 세척효과가

좋음을 알 수 있었다.

2. 다목적용액의 단백질 세척효율에 따른 가시광선투과율 비교

1) Etafilcon A 재질 렌즈

Etafilcon A 재질 렌즈(-3.00 D)를 인공누액에 담가 8 시간동안 단백질을 침착시켰을 때의 가시광선 투과율은 86.2±1.5%이었고 이는 새 렌즈의 가시광선투과율인 97.5±0.5%와 비교하여 통계적으로 유의한 차이(p<0.01 by Dunnett's multiple comparison)이었다. 누액단백질을 침착시킨 etafilcon A 재질 렌즈를 6종의 다목적용액을 이용하여 문지르기를 했을 경우와 생략했을 경우로 나누어 가시광선투과율을 비교하였을 때에는 통계적으로 유의한 차이를 나타내었다(p=0.0145 by one-way ANOVA), (Tables 7 and 8). 즉, RS로 세척 시 문지르기를 하지 않았을 경우 87.5±1.8%의 광투과율을 보였으나 문지르기를 했을 경우에는 93.0±0.9%의 광투과율을 보여 통계적으로 유의한 차이(p<0.05 by t-test)를 나타내었다(Table 7). BT의 경우 가시광선투과율은 문지르기를 하지 않았을 경우 87.8±0.8%이였으나 문지르기를 하였을 경우 89.8±1.0%로 나타났으나 이는 통계적으로 유의한 차이는 아니었다(Table 7). OR의 경우 가시광선투과율은 문지르기를 하지 않을 경우 87.8±0.8%이었고, 문지르기를 했을 경우 90.5±1.0%로 나타났으나 이는 통계적으로 유의한 차이는 아니었다. OP의 경우 가시광선투과율은 문지르기를 하지 않을 경우 89.3±1.8%이었고, 문지르기를 하였을 때의 광투과율은 92.3±1.8%로 나타나 광투과율 차이는 약 3.0%이였으나 이는 통계적으로 유의한 차이는 아니었다.

AO로 세척 시 가시광선투과율은 문지르기를 하지 않았을 때에는 88.3±0.5%이었고, 문지르기를 했을 경우 91.0±0.6%로 두 세척방법에 따른 광투과율 차이는 통계적으로 유의하였다(p<0.05 by t-test),(Table 8). AQ로 세척 시 가시광선투과율은 문지르기를 하지 않았을 경우 89.0±0.9%에서 문지르기를 하였을 경우 90.8±0.7%로 약간 증가하였으나 통계적으로 유의한 차이는 아니었다.

Table 8. Visible light transmissibility of etafilcon A lens cleaned with multi-purpose solutions containing poloxamer

Visible light transmissibility(%)	AO		AQ	
	No Rub	Rub	No Rub	Rub
New lens	97.5±0.5			
No cleaning	86.2±1.5			
After cleaning	88.3±0.5	91.0±0.6	89.0±0.9	90.8±0.7

이상의 가시광선투과율에 대한 다목적용액의 영향을 세척효율의 정도와 비교하여 보면 문지르기를 하였을 경우 etafilcon A 재질 렌즈에 대한 다목적용액의 세척효율은 AO ≥ OR > AQ ≥ BT ≍ RS > OP의 순으로 나타났으나 가시광선투과율 회복은 RS ≍ OP ≥ AO ≍ AQ ≍ OR ≥ BT의 순으로 나타나 두 결과가 일치하지 않음을 알 수 있었다. 다목적용액의 제조회사 가이드라인과 상관없이 문지르기를 하였을 경우가 그렇지 않을 경우보다 높은 세척효율 및 광투과도 회복률을 보인 것은 일치하였으나 다목적용액의 세척효율 및 광투과율의 상관관계는 높지 않았다. 이는 etafilcon A 재질 렌즈의 경우 문지르기를 추가하여 세척을 하더라도 세척효율이 50%를 넘지 않아 남아있는 침착 단백질량이 많기 때문에 광투과율이 새 렌즈의 정도로 회복되지 않았을 뿐만 아니라 계면활성성분에 따라 침착 단백질이 변성이 되어 광투과율에 영향을 미쳤을 가능성을 완전히 배제할 수 없다. 그러나 가시광선투과율은 투명렌즈의 경우 80%이상 이 되면 시각적으로 큰 영향이 없기 때문에^[21] 인공누액에 의해 단백질이 침착된 렌즈라 하더라도 가시광선투과율은 80% 이상이었으므로 극히 예민한 사람이 아니면 시각적인 차이를 느끼지는 못할 것으로 여겨진다.

2) Hilafilcon B 재질 렌즈

Hilafilcon B 재질 렌즈(-3.00 D)를 인공누액에 담가 7일 동안 단백질을 침착시켰을 때 가시광선투과율은 93.5±0.5%로 측정되었으며, 이는 새 렌즈의 광투과율인 98.0±

Table 7. Visible light transmissibility of etafilcon A lens cleaned with multi-purpose solutions containing poloxamine

Visible light transmissibility(%)	Poloxamine (T1107)				Poloxamine (T1304)			
	RS		BT		OR		OP	
	No Rub	Rub	No Rub	Rub	No Rub	Rub	No Rub	Rub
new lens	97.5±0.5				97.5±0.5			
no cleaning	86.2±1.5				86.2±1.5			
after cleaning	87.5±1.8	93.0±0.9	87.8±0.8	89.8±1.0	87.8±0.8	90.5±1.0	89.3±1.8	92.3±1.8

Table 9. Visible light transmissibility of hilafilcon B lens cleaned with multi-purpose solutions containing poloxamine

Visible light transmissibility(%)	Poloxamine (T1107)				Poloxamine (T1304)			
	RS		BT		OR		OP	
	No Rub	Rub	No Rub	Rub	No Rub	Rub	No Rub	Rub
New lens	98.0±0.4				98.0±0.4			
No cleaning	93.5±0.5				93.5±0.5			
After cleaning	94.3±0.5	96.6±0.5	94.6±0.5	96.3±0.5	95.0±0.5	96.6±0.9	94.6±0.5	97.0±0.8

Table 10. Visible light transmissibility of hilafilcon B lens cleaned with multi-purpose solutions containing poloxamer

Visible light transmissibility(%)	AO		AQ	
	No Rub	Rub	No Rub	Rub
New lens	98.0±0.4			
No cleaning	93.5±0.5			
After cleaning	94.1±0.5	96.3±0.8	94.6±0.5	96.0±0.5

0.4%와 비교하여 통계적으로 유의한 차이($p < 0.05$ by t-test)이었다. 단백질을 침착시킨 hilafilcon B 재질 렌즈를 6종의 다목적용액으로 문지르기를 하였을 때와 문지르기를 생략하고 세척하였을 때로 나누어 가시광선투과율을 비교하였으나 새 렌즈와 단백질이 침착된 렌즈 간의 광투과율의 차이가 크지 않아 통계적으로 유의한 차이를 관찰할 수는 없었다(Tables 9 and 10). RS로 세척 시 문지르기를 생략했을 경우 가시광선투과율은 $94.3 \pm 0.5\%$ 이었으며, 문지르기를 했을 경우 광투과율은 $96.6 \pm 0.5\%$ 로 나타나 2.3%의 증가된 광투과율을 보였다. BT의 경우 가시광선투과율은 문지르기를 하지 않았을 때 $94.6 \pm 0.5\%$ 이었고, 문지르기를 했을 때의 광투과율은 $96.3 \pm 0.5\%$ 로 측정되어 문지르기를 하였을 경우가 그렇지 않았을 경우보다 약 1.6%의 증가된 광투과율을 보였다. OR로 세척한 경우 가시광선투과율은 문지르기를 하지 않았을 때 $95.0 \pm 0.5\%$ 이었고 문지르기를 했을 때는 $96.6 \pm 0.9\%$ 이었다. OP로 세척 시 가시광선투과율은 문지르기를 생략했을 경우 $94.6 \pm 0.5\%$ 이었고, 문지르기를 하였을 때 $97.0 \pm 0.8\%$ 로 증가되어 거의 새 렌즈 수준의 광투과율로 회복되었다.

AO로 세척 시 가시광선투과율은 문지르기를 안하였을 때 $94.1 \pm 0.5\%$ 이었고, 문지르기를 했을 경우 $96.3 \pm 0.8\%$ 로 나타나 약 2.1%가량 증가한 광투과율을 보였다. AQ로 세척 시 가시광선투과율은 문지르기를 생략하였을 때에는 $94.6 \pm 0.5\%$ 이었고, 문지르기를 하였을 때는 $96.0 \pm 0.5\%$ 로 나타났다.

인공누액으로 단백질을 침착시킨 hilafilcon B 재질 렌즈

의 가시광선투과율을 보면 etafilcon A 재질 렌즈의 경우와 비교하여 약 7%가량 높게 나타났는데 이는 렌즈에 침착된 단백질량이 적었기 때문이라 생각된다. 그러나 두 재질 간의 침착 단백질량은 20배 가량 차이가 남에도 불구하고 광투과율의 차이는 7% 내외로 나타나 단백질 침착량이 많다고 하더라도 시력에 미치는 영향은 크지 않음을 추정할 수 있다. 또한 hilafilcon B 재질 렌즈의 경우 다목적용액을 이용하여 문지르기 방식으로 세척하였을 때 광투과율은 새 렌즈와 비교할 만한 수준으로 회복되었는데 이는 etafilcon A 재질 렌즈와는 달리 렌즈 pore에 침착되는 단백질이 거의 없어 다목적용액의 세척효율이 높았기 때문인 것으로 생각되었다.

결론

본 연구에서는 etafilcon A 및 hilafilcon B 재질의 소프트렌즈에 인공누액을 이용하여 단백질을 침착시킨 후 렌즈에 침착되어 있는 단백질을 계면활성성분 및 조성이 다른 6 종류의 다목적용액으로 세척한 후 세척방법에 따른 세척효율 및 가시광선투과율의 상관관계를 알아보고자 하였다.

Etafilcon A 재질 렌즈의 경우 다목적용액으로 문지르기를 하여 세척하였을 때 세척효율은 다목적용액의 계면활성성분의 농도와 표면장력에 따라 약 23~43%로 다양하게 나타났으며, 계면활성성분 이외에 과산화수소를 함유하는 다목적용액으로 세척 시 가장 높은 세척효율을 보였으나 렌즈에 잔존하는 단백질량이 많아 가시광선투과율은 89.8%~90.8% 정도로 나타났다. Hilafilcon B 재질 렌즈에서는 인공누액에 7일간 배양하더라도 침착되는 단백질량이 매우 적어 etafilcon A 재질 렌즈의 5~10% 수준의 단백질량을 보였다. 다목적용액으로 문지러 세척하였을 경우 45.4~67.4%의 세척효율을 보였으나 etafilcon A 재질 렌즈와는 다른 세척효율 순서를 보였으며, 광투과율은 새 렌즈 수준으로 회복되었다. 이러한 결과로 올바른 소프트렌즈의 단백질 침전물 관리를 위하여서는 렌즈 재질과 침착된 단백질량에 따라 적절한 계면활성성분을 함유하는

다목적용액을 선택하여야 하며, 제조사의 가이드라인과 상관없이 문지르기를 하여 관리하는 것이 보다 효율적임을 알 수 있었다.

감사의 글

본 연구는 서울과학기술대학교 교내 연구비(No. 2014-0510)의 지원으로 수행되었습니다.

This study was supported by the Research Program funded by the Seoul National University of Science and Technology (No. 2014-0510).

REFERENCES

- [1] Shin JH. A study on hygienic control of contact lens Storage case. J Korean Oph Opt Soc. 2000;5(2):33-42.
- [2] Health Chosun. One out of 2 adults use eyeglasses and contact lens in Korea. (Apr, 11, 2013), http://health.chosun.com/news/dailynews_view.jsp?mn_idx=54205(Nov. 3, 2013).
- [3] Park M, Kwon MJ, Hyun SH, Kim DS, The adsorption pattern of protein to the soft contact lens and its effect on the visible light transmission and the contact angle. J Korean Oph Opt Soc. 2004;9(1):53-68.
- [4] Boot N, Kok J, Kijlstra A. The role of tears in preventing protein deposition on contact lenses. Curr Eye Res. 1989; 8(2):185-188.
- [5] Kim JE, Jung BY, Noh HR. Changes in Optical and Surface Properties of Contaminated Soft Contact Lenses. J Korean Oph Opt Soc. 2012;17(1):83-89.
- [6] Kim SR, Shin SM, Park JA, Park M. The contamination level of lens cases by various wearing and storage periods of soft contact lens and the actual condition of lens cases care. J Korean Oph Opt Soc. 2011;16(2):135-145.
- [7] Lee KJ, Kang YS. The amounts of protein deposits influenced by contact lens material and evaluation of the cleaning efficacy by care solution. Korean J Vis Sci. 2005;7(1):85-94.
- [8] Luensmann D, Heynen M, Liu L, Sheardown H, Jones L. The efficiency of contact lens care regimens on protein removal from hydrogel and silicone hydrogel lenses. Mol Vis. 2010; 16:79-92.
- [9] Corbin GS, Bennett L, Espejo L, Carducci S, Sacco A, Hannigan R, et al. A multicenter investigation of OPTI-FREE® RepleniSH® multi-purpose disinfecting solution impact on soft contact lens patient comfort. Clin Ophthalmol. 2010;4:47-57.
- [10] Kilvington S, Powell CH, Lam A, Lonnen J. Antimicrobial efficacy of multi-purpose contact lens disinfectant solutions following evaporation. Cont Lens Anterior Eye. 2011;34:183-187.
- [11] Byun HY, Sung HK, Moon JS, Lee AY, Kwon SY, Kim SR et al. The correlation between critical micelle concentration/surface tension of contact lens care solutions and their cleaning efficacy. J Korean Ophthalmic Opt Soc. 2014;19(1):23-30.
- [12] Ryu GC, Park HJ, Kim JM, Lee JB. Comparison of protein removal effects and cytotoxicity in the L-929 cell line by tyloxapol and tromethamine. Korean J Vis Sci. 2001; 3(1):61-68.
- [13] Johnston SP, Sriram R, Qvarnstrom Y, Roy S, Verani J, Yoder J et al. Resistance of *Acanthamoeba* Cysts to disinfection in multiple contact lens solutions. J Clin Microbiol. 2009;47(7):2040-2045.
- [14] Bausch & Lomb. Re-Nu sensitive multi-purpose solution. <http://www.bausch.com/en/ecp/our-products/contact-lens-care/soft-contact-lens-care-multi-purpose-solutions/renu-sensitive-multi-purpose-solution/>(10 Dec, 2013).
- [15] Alcon. Opti-Free PureMoist multi purpose disinfecting solution. http://www.opti-free.com/pdfs/OFPureMoist_us_en.pdf(10 Dec, 2013).
- [16] CIVA vision. AOSEPT disinfecting solution. http://www.myeeyesopticians.co.uk/Aosept_Package_Insert.pdf(10 Dec, 2013).
- [17] Song JO, Choi JS, Kim DS, Park M. The change of soft contact lens after being exposed to fundamental cosmetics. J Korean Oph Opt Soc. 2006;11(2):99-107.
- [18] Lowry OH, Rosebrough NJ, Farr AL, Randall RJ. Protein measurement with the Folin phenol reagent. J Biol Chem. 1951;193:265.
- [19] Kim SB, Kim YC. Thermodynamic approach on the critical micelle concentration of surfactant. J Korean Oil Chem Soc. 2011;28(4):449-454.
- [20] Sigma-Aldrich. Poly(propylene glycol)-block-poly(ethylene glycol)-block-poly(propylene glycol). <http://www.sigmaaldrich.com/catalog/product/aldrich/435481?lang=ko®ion=KR>(10 Dec, 2013)
- [21] Lee SH, Cho HG, Moon BY, Kim SY, Yi MH, Mah KC, Change of visual acuity according to light transmission of tinted lenses. Korean J Vis Sci. 2008;10(4):289-299.

The Deposition of Tear Protein according to Soft Lens Materials and The Cleaning Efficacy of Multi-purpose Solution according to the Surfactant Types

Mijung Park, Young Dae Kwon, Wang Jae Lee, and So Ra Kim*

Dept. of Optometry, Seoul National University of Science and Technology, Seoul 139-743, Korea

(Received May 8, 2014; Revised June 2, 2014; Accepted June 18, 2014)

Purpose: The present study was aimed to investigate the cleaning efficacy of multi-purpose solutions containing different types and content of surfactants and their effect on the visible light transmittance of soft lens. **Methods:** Soft lenses made of different materials (etafilcon A and hilafilcon B) were deposited tear proteins by using the artificial tear and then compared the resulting cleaning efficacy and visible light transmittance after cleaning the lens with 6 types of multi-purpose solutions containing different content of surfactants. **Results:** The cleaning efficacy of multi-purpose solutions was variously shown as approximately 23~43% according to the active concentration of surfactants and surface tension in multi-purpose solution when etafilcon A lens cleaned with rubbing. The highest cleaning efficacy was detected when cleaned with the multi-purpose solution containing hydrogen peroxide besides surfactant however, the amount of remaining protein was still high on the lens. After washed with multi-purpose solution, the visible light transmittance of lens was in 89.8 to 90.8%. The amount of protein deposited on hilafilcon B lens was very small compared with it on etafilcon A lens even though it was incubated in artificial tears for 7 days, which showed 5~10% of protein amount in etafilcon A lens and the decrease of visible light transmittance was also not significant. In case of rubbing with multi-purpose solution, the cleaning efficacy on hilafilcon B lens was in 45.4 to 67.4% however, the order of cleaning efficacy of multi-purpose solution was different from it on etafilcon A lens. The visible light transmittance of hilafilcon B lens has been restored to the level of new lens. **Conclusions:** From the result, it is concluded that the appropriate multi-purpose solution should be selected according to the lens material and the amount of protein deposit on the basis of understanding surfactants and active principle for proper care of protein deposit on soft lens and the cleaning with rubbing is more efficient for lens care regardless of manufacturer's guideline.

Key words: Soft contact lens, Multi-purpose solution, Surfactant, Cleaning method, Cleaning efficacy, Visible light transmittance