

콘택트렌즈 재질 및 침착 단백질에 따른 균 흡착 정도와 다목적용액의 살균력 비교

성형경, 김소라, 박미정*

서울과학기술대학교 안경광학과, 서울 139-743

투고일(2015년 2월 2일), 수정일(2015년 3월 3일), 게재확정일(2015년 3월 5일)

목적: 콘택트렌즈 재질 및 렌즈에 침착된 단백질 종류에 따른 균의 흡착력을 비교하고 관리용품의 살균력 차이를 측정하고자 하였다. **방법:** FDA 평가기준 및 방법인 Disinfection Efficacy Testing의 Part 2. Regimen Procedure For Disinfecting Regimens에 따라 균 흡착 및 관리용품의 살균력 측정실험을 실시하였다. **결과:** 포도상구균을 제외한 녹농균, 세라티아균, 칸디다균은 etafilcon A 렌즈에 더 많이 흡착되었으며, 4종의 다목적용액은 칸디다균을 제외한 모든 균에서 거의 완벽한 살균력을 나타냈다. 눈물 단백질을 침착시킨 렌즈에서 세라티아를 제외한 모든 균은 알부민 침착 렌즈에서의 흡착이 많았으며, 다목적용액의 살균력은 라이소자임 침착 렌즈에 흡착된 균보다 알부민 침착 렌즈에 흡착된 균에서 높은 것으로 나타났다. 또한, 균의 종류에 따라 다목적 용액의 살균력이 달랐다. **결론:** 균의 종류, 콘택트렌즈 재질, 침착된 눈물 단백질의 종류가 콘택트렌즈에 흡착되는 균의 양에 영향을 주며, 눈물 단백질의 침착은 다목적용액에 의한 살균력에 변화를 초래할 수 있음을 밝혔다. 이러한 살균력에 영향을 주는 요인에 의해 콘택트렌즈 위생상태가 달라지며 부작용 발생 여부가 영향을 받을 수 있음을 제안한다.

주제어: 콘택트렌즈 재질, 눈물 단백질, 다목적용액, 살균력, 녹농균, 포도상구균, 세라티아균, 칸디다균

서 론

콘택트렌즈는 비교적 짧은 개발 역사에도 불구하고 안경과 더불어 오늘날 대표적인 굴절이상 교정 기구로서 자리매김하고 있으며, 최근 여가 활동시간이 증가하고 젊은 세대들의 미용에 대한 관심이 늘어남에 따라 사용 추세가 지속적으로 증가하고 있다.

그러나 시력교정용구로서 콘택트렌즈는 안경과는 달리 각막의 생리작용에 상호 영향을 미치게 된다. 콘택트렌즈가 각막에서 부착되어 있는 동안 눈물에 함유되어 있는 단백질이나 지방이 렌즈에 침착되며 이 중 단백질 침전물은 심한 경우 결막유두, 상안검 결막 충혈 및 윤부 충혈 등과 같은 부작용을 유발시킬 수 있다.^[1] 또한, 콘택트렌즈에 형성된 단백질 침전물은 콘택트렌즈의 수분을 제거하여 습윤성을 저하시키고 착용감 저하, 시력 저하, 염증 질환, 세균 감염, 렌즈 변색 등의 문제점을 발생시킬 수 있으며 미생물 감염의 발생률을 증가시킬 수 있다.^[2-4] 콘택트렌즈에는 다양한 미생물의 흡착과 균체 형성이 되며 미생물 흡착은 콘택트렌즈 부작용의 중요한 원인이 되고 있

다. 미생물 감염 시에는 통증, 단안성 눈곱, 눈부심, 넓은 부위의 침윤, 상피의 파괴와 전안방의 반응 등과 같은 증상을 보이며 경우에 따라서는 응급처치가 필요할 수도 있다. 또한 최악의 경우 시력이 일부 또는 완전 손실이 발생할 수도 있다.^[5] 이러한 미생물에 의한 각막염은 일반적으로 콘택트렌즈의 잘못된 착용 및 관리로 인해 발생할 수 있는 위험요인이 된다.

미생물에 의한 감염을 막기 위해 콘택트렌즈 착용 전 후에 관리용품을 적절하게 이용하여 관리하는 것이 중요하며, 관리용품의 경우 세척, 헹굼, 소독 및 보존 등 그 용도에 따라 사용하게 된다. 최근에는 세척, 헹굼, 소독과 보존을 모두 한 번에 할 수 있는 다목적용액(multi-purpose solution, MPS)의 사용이 빈번하다. 다목적용액은 콘택트렌즈를 사용하는 사용자들에게서 빠르고 간편하게 관리할 수 있다는 점에서 많이 사용되고 있다. 이러한 다목적용액 중 현재 시판되고 있는 소프트콘택트렌즈의 관리 용품에서 살균을 위해서는 주로 PHMB(polyhexamethylene biguanide)가 사용되며 그 외에도 과산화수소(hydrogen peroxide), 포비돈(povidone), 알독스(aldox), 폴리쿼테리움(polyquaternium-

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

※본 논문의 일부내용은 2014년도 한국안광학회 통계학술대회에서 구연으로 발표되었음

1) 등이 사용되고 있다. 살균제 성분이 포함된 관리용액은 미생물에 의한 감염을 최소화하기 위해 콘택트렌즈의 관리에서 필수적으로 사용되고 있다. 그러나 눈에 직접 접촉을 하는 다목적용액의 사용 빈도가 증가함에 따라 살균기능만을 가지고 있고 눈에 적용하기 전에 행균과정을 거쳐야 하는 살균용 관리용액을 사용하던 과거보다 감염의 위험이 더 증가하였다. 실제로 관리용품은 FDA, ISO, 식품의약품안전처 등에서 정한 기준에 따라 살균력과 같은 효능을 평가하여 일정 기준 이상이 되었을 때만 판매허가를 받게 되어 있으나 현재의 기준으로는 사용된 적이 없는 새로운 렌즈를 대상으로 살균효과를 평가받는다. 임상에서 콘택트렌즈 착용자들의 렌즈 상태는 눈물성분이 침착되어 흡착된 균의 수가 더 크게 증가될 수 있는 환경에 있게 된다.

본 연구에서는 FDA 평가기준 및 방법에서 Disinfection Efficacy Testing의 Part 2. Regimen Procedure For Disinfecting Regimens⁶⁾에 따라 렌즈에 침착된 눈물 단백질에 따라 균 흡착이 얼마나 달라지는지를 알아보고 시판되고 있는 다목적용액의 살균력이 눈물 단백질에 의해 증가된 균을 적절하게 살균할 수 있는지를 알아보고자 하였다.

대상 및 방법

1. 실험 렌즈 및 다목적용액

렌즈 재질에 따른 균 흡착과 다목적용액의 살균력 상관성 연구를 위해서는 FDA 분류기준 4그룹인 etafilcon A 재질 렌즈와 1그룹이면서 실리콘하이드로겔 재질인 lotrafilcon A 재질 렌즈를 사용하였으며, 침착된 눈물 성분의 종류에 따른 균 흡착과 다목적용액의 살균력 상관성

Table 1. The general properties of soft contact lenses for the evaluation of micro-organisms' adherence on lens materials

Material	FDA group	Water content (%)	Monomer
etafilcon A	IV	58	HEMA+MA
lotrafilcon A	I	24	DMA+TRIS+siloxane monomer

DMA, N,N-dimethylacrylamide; TRIS, trimethylsiloxane

Table 2. The disinfecting properties of tested multi-purpose solution

Product	Manufacture	Disinfecting properties
R	Bausch & Lomb	Polyhexamethylene biguanide hydrochloride (0.00005%)
P	Jump to the World-pharma	Polyhexamethylene biguanide hydrochloride (0.0001%)
B	Bausch & Lomb	Polyhexamethylene biguanide hydrochloride (0.00015%)
O	Alcon	Polyquaternium-1 (0.001%), Aldox (0.0005%)

연구를 위해서는 etafilcon A 재질 렌즈를 사용하였다 (Table 1).

다목적용액은 시중에 판매되고 있는 제품 중 살균성분의 종류와 농도에 따라 선정하였다. 살균성분으로 가장 많이 사용되고 있는 PHMB가 각기 다른 농도로 포함된 다목적 용액과 폴리쿼테리움을 살균성분으로 하는 다목적 용액 1종을 선정하여 총 4가지 다목적용액을 실험에 사용하였다. 실험에 사용한 다목적 용액은 3개의 다른 lot로 선정하여 반복 실험하였다(Table 2).

2. 균 배양 및 흡착

녹농균(*Pseudomonas aeruginosa* ATCC 9027), 포도상구균(*Staphylococcus aureus* ATCC 6538), 세라티아균(*Serratia marcescens* ATCC 13880), 칸디다균(*Candida albicans* ATCC 10231)을 실험대상으로 하였다. 균 배양 시 포도상구균, 녹농균, 세라티아균은 Tryptone Soya Agar(TSA)배지, 칸디다균의 경우 Yeast Malt Agar(YMA)배지를 사용하였고 계대배양은 5번을 초과하지 않았다. 살균력 검사를 위해서 37°C의 온도에서 24시간동안 배양하였으며 적절한 균 수로 배양한 후 살균력검사에 사용하였다. 균의 흡착을 위하여 멸균된 plates에 1.0×10⁵ cfu/mL의 균 10 μL을 놓은 후 etafilcon A와 lotrafilcon A 재질 렌즈의 볼록한 부분을 plates 바닥에 닿게 놓았다. 다시 10 μL의 균을 렌즈 위에 도말하고 20~25°C에서 10분간 흡착시켜 주었다. 모든 실험은 FDA의 Premarket notification (510(K)) guidance document for contact lens care products의 Recommended test methods 중 Part 2. Regimen procedure for disinfecting regimens과 동일한 방법으로 실험하였다.

3. 살균력 평가

균이 흡착된 렌즈를 다목적용액 4종에 담가 두어 살균하였으며 살균시간은 제조사에서 권장하고 있는 최소 권장시간 동안으로 하였다. 다목적용액에 담가두었던 렌즈와 다목적용액 2 mL을 넣고 여과장치를 이용하여 걸러낸 후 렌즈를 멸균된 plates에 올려놓고 40~50°C 정도의 배지를 부어 균혀 렌즈가 얹어진 상태로 배양하였다. 균은 모두 3일간 37°C에서 배양하였으며 콜로니수를 세어 대조군

Table 3. Culture conditions of bacteria and fungi strains for regimen procedure

Micro-organisms	Recovery media	Incubation (°C)	Incubation time (day)
<i>P. aeruginosa</i>	TSA	37	3
<i>S. aureus</i>	TSA	37	3
<i>S. marcescens</i>	TSA	37	3
<i>C. albicans</i>	YMA(SDA)	37	3

값과 비교하여 살균력을 확인하였다(Table 3).

4. 단백질 침착 및 정량

눈물과 동일한 조성의 알부민 및 라이소자임 용액을 제조하여 진탕기(CR300, FINEPCR, Korea)를 이용하여 50 rpm의 속도로 실온 20°C에서 24시간 침착시켰다. 단백질 추출액은 250 µL의 SDS 용액(SDS 10 g, DL-dithiothreitol 0.5 g in Tris buffer 0.01 M)에 콘택트렌즈를 넣고 95°C에서 15분간 가열하여 얻었다. 단백질 정량은 Lowry방법^[7]을 사용하였으며 ELISAReader(The RMO microplate reader, Molecular Devices, USA)을 이용하여 500 nm 파장에서 흡광도를 측정하였다.

5. 통계 분석

통계 분석은 SPSS 12.0K for Window를 이용하여 실시하였다. 재질에 따른 균의 흡착 정도와 그에 따른 살균력의 통계적 유의성은 대응표본 t-검정(paired t-test)을 통하여 확인하였고 단백질 종류별 침착에 따른 균의 흡착 정도와 살균력과의 관계는 일원분산분석(one-way ANOVA)을 실시하여 유의성을 확인하였다. 유의확률 0.05미만일 경우 통계적으로 유의한 차이가 있다고 판단하였다.

결과 및 고찰

1. 콘택트렌즈 재질에 따른 균 흡착 정도와 다목적용액의 살균력 비교

콘택트렌즈 재질에 따른 균의 흡착력을 비교하였을 때 녹농균과 칸디다균의 경우 lotrafilcon A 렌즈보다 etafilcon A 렌즈에 많이 흡착되는 것으로 나타났다. 세라티아균의 경우도 etafilcon A 렌즈에 더 많이 흡착되긴 했지만 그 차이가 크지 않았다. 반면 포도상구균은 다른 균과 달리 etafilcon A 렌즈보다 lotrafilcon A 렌즈에 더 많이 흡착되어(Fig. 1), 균의 흡착정도가 렌즈 재질에 따라 달라짐을 확인할 수 있었다.

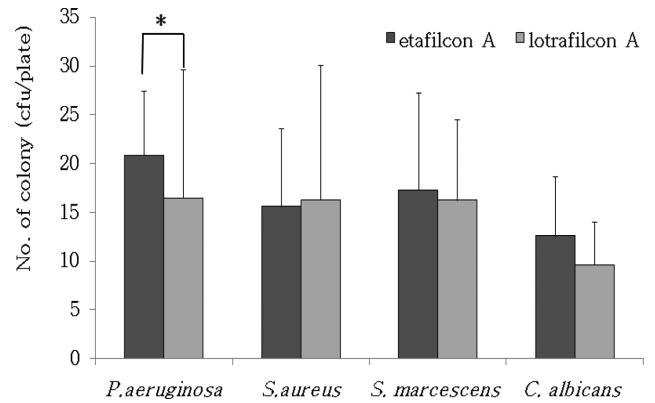


Fig. 1. The difference in adherence level of *Pseudomonas aeruginosa*, *Staphylococcus aureus*, *Serratia marcescens* and *Candida albicans* according to lens materials.

이렇게 렌즈 재질에 따라 달라지는 균의 흡착에 대해 다목적용액이 허용 가능한 살균작용을 나타내는 지를 알아보았다. 녹농균의 경우 B제품, R제품, P제품, O제품의 4가지 다목적용액은 모두 etafilcon A와 lotrafilcon A 재질의 두 렌즈에서 완벽한 살균력을 보였다. 포도상구균의 경우에도 4가지 다목적용액에서 89.9%이상의 살균력을 보였으며, 세라티아균 또한 렌즈 재질에 따라 모든 다목적용액에서 완벽한 살균력을 확인할 수 있었다. 칸디다균은 B제품의 경우 완벽에 가까운 높은 살균력을 보였고, R제품은 etafilcon A 렌즈에서 5.2±4.0 cfu/plate, lotrafilcon A 렌즈에서는 5.2±2.1 cfu/plate로 58.3%와 46.2%의 살균력을 보여 주었고 이러한 살균력은 FDA와 ISO에 제시된 68.4%의 살균력 기준 보다 낮은 눈물이 부착되었을 경우 문제가 유발될 수 있음을 확인할 수 있었다. P제품의 경우는 lotrafilcon A 렌즈에서 10.8±2.2 cfu/plate으로 평가한 4개의 다목적용액 가운데 가장 낮은 살균력을 나타냈다. 또한 O제품의 경우 etafilcon A 렌즈에서는 0.9±1.0 cfu/plate로 93.0%의 완벽한 살균력을 보였으나 lotrafilcon A 렌즈에서는 5.5±3.4 cfu/plate로 42.7%의 낮은 살균력을 보였다(Fig. 2).

2. 눈물 단백질의 종류와 침착된 etafilcon A 재질에서의 균 흡착과 다목적용액의 살균력 평가

Etafilcon A 렌즈에 눈물과 동일한 농도의 알부민과 라이소자임 용액에서 각각 24시간 단백질을 침착시킨 뒤 렌즈에 침착된 단백질 양은 알부민의 경우 27.4±0.4 µg/lens, 라이소자임의 경우 4952.4±21.6 µg/lens으로 라이소자임이 알부민에 비해 많은 양이 렌즈에 침착되었다.

부착된 단백질의 종류에 따른 균 흡착력 차이를 알아보는 실험에서 녹농균의 경우는 새 렌즈에서 20.9±6.6 cfu/plate, 알부민이 침착된 렌즈에서 23.7±16.7 cfu/plate, 라

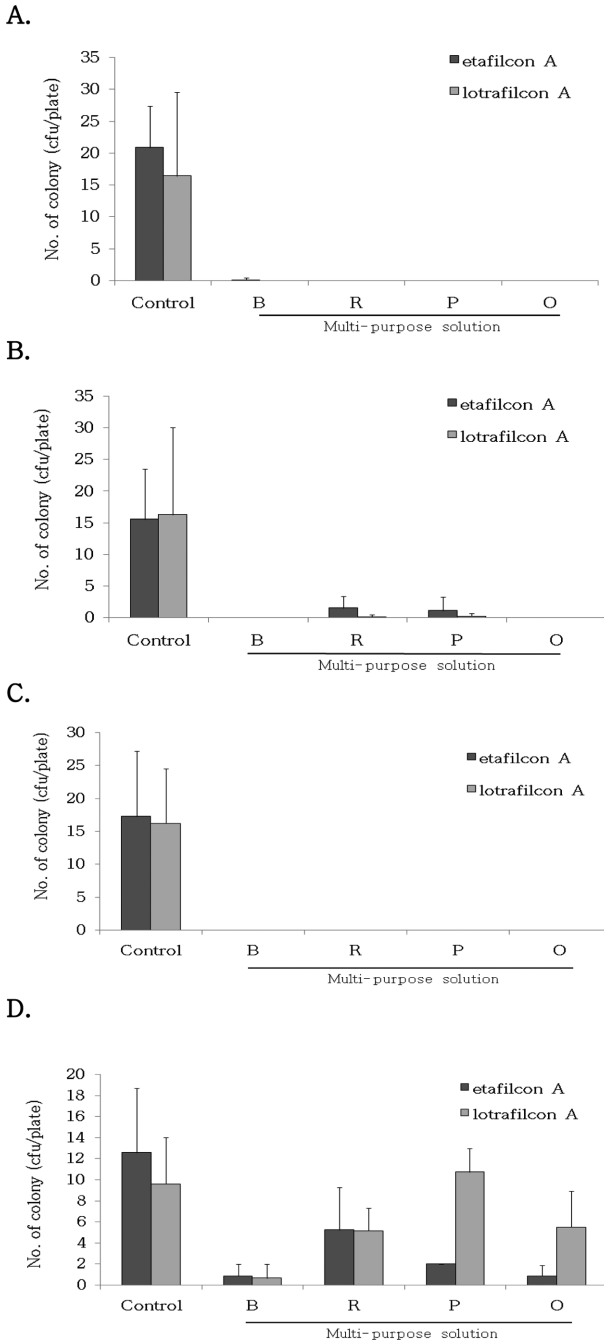


Fig. 2. The difference in disinfection efficacy of multi-purpose solutions according to lens materials. A. *P. aeruginosa*, B. *S. aureus*, C. *S. marcescens*, D. *C. albicans*

이소자임이 침착된 렌즈에서는 19.6±9.1 cfu/plate의 균이 검출되었다. 포도상구균의 경우 새 렌즈에서 15.6±8.0 cfu/plate, 알부민이 침착된 렌즈에서 20.9±17.2 cfu/plate, 라이소자임이 침착된 렌즈에서는 11.8±11.4 cfu/plate로 모두 알부민이 침착된 렌즈에서 균이 가장 많이 흡착되는 경향이 있음을 알 수 있었다(Fig. 3).

칸디다균은 새 렌즈에서 12.6±6.1 cfu/plate, 알부민이 침착된 렌즈에서 12.8±5.0 cfu/plate, 라이소자임이 침착

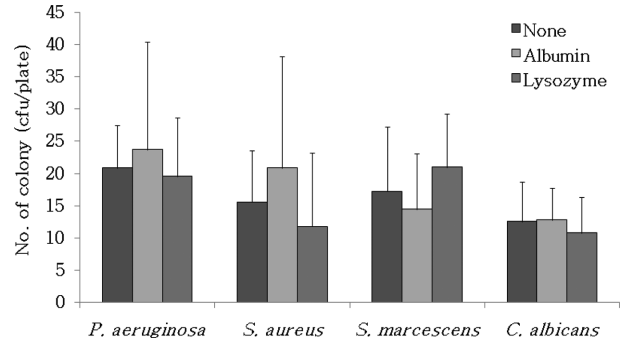


Fig. 3. The difference in adherence level of *Pseudomonas aeruginosa*, *Staphylococcus aureus*, *Serratia marcescens* and *Candida albicans* based on the pre-deposition of albumin and lysozyme on lens materials.

된 렌즈에서는 10.8±5.5 cfu/plate 로 알부민이 침착된 렌즈에서 균이 더 많이 흡착되는 경향이 있었지만 새 렌즈와 큰 차이를 보이지 않았다. 세라티아균의 경우 새 렌즈에서 17.3±10.0 cfu/plate, 알부민이 침착된 렌즈에서 14.50±8.6 cfu/plate, 라이소자임이 침착된 렌즈에서는 21.0±8.3 cfu/plate으로 라이소자임이 침착된 렌즈에서 가장 많은 균이 흡착되는 경향이 있었다(Fig. 3). 새 렌즈와 알부민 침착 렌즈, 라이소자임 침착렌즈에 따른 녹농균, 포도상구균, 세라티아균, 칸디다균의 흡착의 차이는 유의하지 않았다 ($p>0.05$, one-way ANOVA).

눈물 단백질이 침착된 렌즈에 흡착된 균을 대상으로 살균력을 평가하였을 때 녹농균의 경우 4가지 다목적용액에서 두 종류의 단백질이 침착된 렌즈 모두 거의 완벽에 가까운 살균력을 확인할 수 있었다. 알부민 침착 렌즈에 흡착된 포도상구균의 경우 4개의 다목적용액은 완벽한 살균력을 보였으며 라이소자임 침착 렌즈에 흡착된 포도상구균은 PHMB 농도가 가장 낮은 R제품에서는 36.4%의 살균력을 확인하였고 나머지 제품에서는 거의 완벽한 살균력을 확인할 수 있었다(Fig. 4). 세라티아균의 경우 알부민 침착 렌즈에 대해서는 모든 다목적용액에서 대부분 높은 살균력을 나타냈으며 라이소자임 침착 렌즈에서는 R제품에서는 78.1%의 살균력을 나타내었고, P제품에서는 알부민 침착 렌즈의 살균력은 100%로 나타났고 라이소자임 침착 렌즈에서 91.7%의 살균력을 보였다. 칸디다균이 흡착된 알부민 침착 렌즈의 경우 O제품은 100%의 살균력을 보였으며, B제품과 P제품에서는 68.4%로 살균력 기준을 통과하였다. 그러나, R제품에서는 63.0%로 살균력 기준을 통과하지 못했다. 칸디다균이 흡착된 라이소자임 침착 렌즈에서 다목적용액의 살균력 또한 완벽한 살균력을 나타내지 않았으며 R제품에서는 5.0±2.3 cfu/plate로 53.8%의 살균력을 보여 4가지 관리용품 중 가장 낮은 살균력을 확인할 수 있었다(Fig. 4).

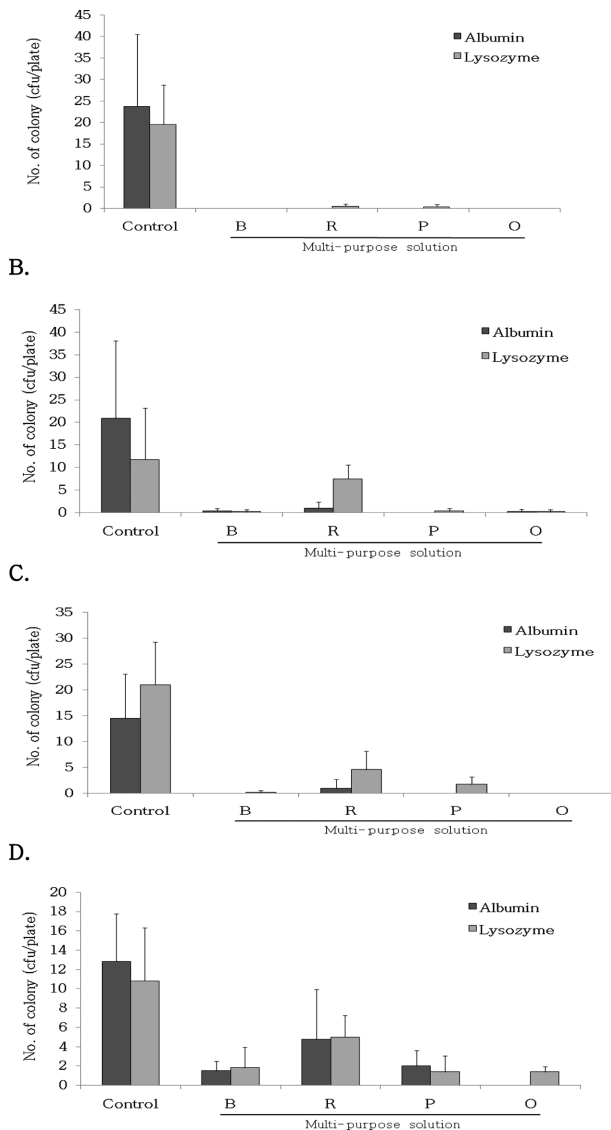


Fig. 4. The difference in disinfection efficacy of multi-purpose solution based on the pre-deposition of albumin and lysozyme on lens materials. A. *P. aeruginosa*, B. *S. aureus*, C. *S. marcescens*, D. *C. albicans*

알부민과 라이소자임을 각각 침착시킨 렌즈에서는 세라티아균을 제외한 나머지 3가지 균 모두 라이소자임 침착 렌즈보다 알부민 침착 렌즈에서 더 많이 흡착되었으나 다목적용액의 살균력을 비교하였을 때 대부분 라이소자임 침착 렌즈보다 알부민 침착 렌즈에 흡착된 균들이 더 많이 사멸함을 알 수 있었으며, 칸디다의 경우 다른 균 세 종에 비해 다목적용액에 대한 생존율이 높음을 확인하였다.

렌즈 재질에 따른 균의 흡착 정도는 녹농균, 세라티아균, 칸디다균의 경우 lotrafilcon A 렌즈보다 etafilcon A 렌즈에서 더 많이 흡착이 되었고 포도상구균의 경우 etafilcon A 렌즈보다 lotrafilcon A 렌즈에서 더 많이 흡착되었다. Giraldez 등^[8]은 HEMA 재질의 omafilcon A, ocufilcon B, nelfilcon A 렌즈와 실리콘하이드로겔 재질인 senofilcon A

및 comfilcon A 렌즈에서의 포도상구균 흡착력을 비교했을 때 소수성이 강한 실리콘하이드로겔 렌즈에서의 균 흡착 정도가 HEMA 재질로 좀 더 친수성 표면을 가진 렌즈보다 더 많은 것으로 나타났다. 본 연구에서는 포도상구균 뿐만아니라 녹농균, 세라티아균, 칸디다균이 친수성이며 이온성 표면을 가진 etafilcon A 렌즈와 상대적으로 소수성인 실리콘 하이드로겔 재질의 lotrafilcon A 렌즈에서의 흡착 정도를 비교하였으며 균의 종류에 따라 렌즈 표면에 흡착하는 정도가 상이함을 밝혔다.

특히, 녹농균의 경우는 두 재질의 렌즈 간에 통계적으로 유의한 차이가 있었으며 다른 균의 흡착량 보다 더 많은 것으로 나타났다. Zhang 등^[9]과 Borazjani^[10]의 연구에서 포도상구균 보다 녹농균이 모든 재질의 렌즈에 더 많이 흡착됨을 확인한 바 있으며 본 연구에서도 녹농균의 균 흡착력이 포도상구균뿐 만아니라 세라티아균과 칸디다균에 비해서도 높다는 것을 밝혔다. 녹농균은 부착된 편모와 필리 보조물(pili aid)과 같은 세포표면부속기가 포도상구균을 비롯한 다른 균에 비해 상대적으로 소수성을 나타낸다는 것이 렌즈 흡착량에 영향을 미칠 것으로 사료된다.^[11,12] 이상에서 눈물 단백질이 침착되었을 경우 새 렌즈에 합착되는 균의 양이 달라질 수 있으며 이러한 변화를 초래하는 원인으로서는 렌즈 표면의 거칠기 변화와 친수성 변화, 이온성 변화 등과 같은 원인들이 연관될 수 있을 것으로 보이며 추후 이에 대한 연구가 수행되어야 할 필요가 있다고 사료된다.^[13]

렌즈 재질에 따라 흡착된 균에 대한 다목적용액의 살균력은 칸디다균을 제외한 녹농균, 포도상구균, 세라티아균 모두 대부분 98%이상의 완벽에 가까운 살균력을 보였지만 진균인 칸디다는 특히 lotrafilcon A 렌즈에 부착된 경우는 다른 균들에 비해 낮은 살균력을 보였다. 칸디다균은 기질에 부착하기 위해 닳을 형성하는데 이것은 콘택트렌즈에서 칸디다 바이오 필름의 강한 부착 이유가 될 수 있다.^[14] 이러한 이유는 다목적용액의 살균력이 렌즈에 흡착된 녹농균, 포도상구균, 세라티아균에 비해 칸디다균의 경우 낮은 살균력에 대한 하나의 설명이 될 수 있을 것으로 생각된다.

Subbaraman 등^[15]의 연구에서 알부민은 포도상구균과 녹농균에 대해 항균효과를 가지지 않는다고 하였다. 본 연구에서도 통계적으로 유효하지는 않았지만 녹농균, 포도상구균, 칸디다균의 경우 새 렌즈 보다 알부민 침착렌즈에 더 많이 흡착되는 경향을 확인할 수 있었다. 라이소자임의 항균성에 의해 새 렌즈에서 보다 라이소자임 침착 렌즈에서 균들이 적게 흡착 되는 경향이 있었고, 특히 그람양성균인 포도상구균은 낮은 균 흡착률을 보였다. Berman^[16]과 Osserman 등^[17]의 연구에서 그람음성균과는 달리 외막

에 추가된 펩티도글리칸 층이 없는 그람양성균의 경우 라이소자임에 타겟이 되어 보다 더 강력한 살균 대상이 될 수 있음을 보고한 바 있다. 본 연구결과에서도 라이소자임 침착 렌즈에서의 단백질 침착량이 월등히 많은 것으로 나타났고 이로 인한 표면의 거칠기 변화가 더 컸을 라이소자임 침착 렌즈에서 포도상구균, 녹농균, 칸디다균의 흡착량이 오히려 더 적은 경향을 보여 라이소자임의 항균력이 균의 흡착량에 영향을 미쳤을 가능성이 있다. 눈물에 존재하는 라이소자임은 일정 시간이 지나면 항균 활성을 잃어버리게 되므로 오랜 시간 침착이 될 경우 균의 흡착량이 크게 증가할 가능성도 배제할 수 없다. 또한, 라이소자임이 침착된 렌즈에 세라티아균 흡착량이 증가하는 경향을 보인 것은 aerosol과 같은 특정한 환경에서 라이소자임 항균력에 대해 세라티아균의 경우는 저항성을 가진다는 Hambleton의 연구에서처럼^[18] 라이소자임 항균력이 균에 따라 선택적으로 작용하였을 가능성이 있다고 보여진다.

침착된 단백질의 종류에 따라 다목적용액의 살균력에 변화가 있는 지를 알아보았을 때 알부민 침착 렌즈와 라이소자임 침착 렌즈에 흡착된 녹농균은 모두 거의 완벽한 살균력을 나타내었고, 라이소자임 침착 렌즈에 흡착된 세라티아균과 칸디다균의 경우 R제품과 P제품을 제외하고는 높은 살균력을 나타내었다. 반면 알부민 침착 렌즈와 라이소자임 침착 렌즈 모두에 흡착된 칸디다균에 대한 다목적용액의 살균력은 다른 균에 비해 낮은 것으로 나타났다.

라이소자임 침착 렌즈에 처음 균을 흡착시켰을 때에는 라이소자임의 항균 효과로 인해 알부민 침착 렌즈에 비해 적은 균들이 흡착되었음에도 불구하고 다목적용액의 살균력은 알부민 침착 렌즈에 흡착된 균에 대한 살균력에 비해 전반적으로 떨어지는 경향을 확인할 수 있었다. Kravchenko 등^[19]은 라이소자임의 작용에 염이 필수적이며 0.05~0.1 M의 이온강도일 때 라이소자임 활성이 증가하나 *Micrococcus luteus*의 분해는 억제되었다고 보고하였고, Chang^[20]은 NaCl, potassium phosphate, Tris chloride을 첨가하였을 때의 라이소자임 활성이 저농도에서는 비특이성 이온 강도 효과(nonspecific ionic strength effect)를 나타내며 고농도에서는 양전하의 농도와 연관이 있다고 하였다. 따라서 염종류에 따라 미치는 영향이 다르며 pH가 증가 할수록 최적 양전하의 농도는 감소하는 것으로 보여 각기 다른 콘택트렌즈관리용품의 염 종류 및 농도와 pH가 관리용품의 활성에 영향을 미칠 것으로 판단된다. 다목적용액의 성분은 계면활성제, 항미생물제나 보존제, 삼투압조절제, 완충제, 칼슘제거제, 단백질제거제, 점도증강제 등으로 염성분이 포함되어 있다.^[21] 다목적용액의 염의 정확한 이온강도는 확인할 수 없었으나 알부민에 비해 많은 양이 침착된 라이소자임 침착 렌즈는 다목적용액에 담가 놓았을 때 균에 대

한 흡착강도가 증가되어 다목적용액에 대한 균의 작용부위가 알부민 침착 렌즈에 침착된 균에 비해 크지 않았을 가능성을 제시할 수 있겠다.

결 론

본 연구에서는 렌즈 재질 및 균의 종류에 따른 균 흡착력 차이를 알아보고 눈물 단백질 침착 렌즈에 흡착된 균에 따른 다목적용액의 살균력을 알아보고자 하였다. 콘택트렌즈 재질에 따른 균의 흡착정도 및 다목적용액의 살균력을 확인하는 연구에서는 재질이나 균의 종류에 따라 균의 흡착 정도에 차이가 있음을 알 수 있었다. 또한 침착되는 눈물 단백질의 종류에 따라서 균의 흡착 정도와 다목적용액의 살균력이 달라질 수 있음을 알 수 있었다.

실생활에서 렌즈를 착용함에 있어 개인의 생리적인 차이나 생활환경과 작업환경의 다양성에 의해 눈물의 조성에 차이가 생기며, 시판되고 있는 콘택트렌즈 재질의 다양성으로 인해 각 개인마다 렌즈에 흡착되는 균 종류와 양 및 살균효과가 달라질 것으로 보인다. 이러한 결과는 동일한 재질의 렌즈를 동일한 주기로 착용하였음에도 균에 의한 콘택트렌즈 부작용이 나타나는 경우가 달라지는 이유가 면역력과 같은 개인차이, 생활환경차이, 관리차이 등과 같은 요인 외에 렌즈에 흡착되는 균의 양의 차이도 영향을 미칠 가능성이 있을 것으로 보여 이와 관련된 연구가 필요하리라 보인다. 또한, 본 연구를 통해 콘택트렌즈 관리용품의 살균효능 검사에서 착용렌즈를 대상으로 한 살균력이 검사에 대한 보완에 대해 고려해 볼 필요가 있을 것으로 보인다. 특히 다른 세 가지 균에 비해 다목적용액에서 살균력이 낮은 칸디다의 경우 이를 더 보완할 수 있도록 새로운 살균성분에 대한 연구와 관리가 필요하다고 생각되어진다.

감사의 글

본 연구는 2013년 식품의약품안전처 용역연구개발과제(과제번호: 13172화장품462) 연구비로 수행되었습니다.

REFERENCES

- [1] Michaud L, Giasson CJ. Overwear of contact lenses: increased severity of clinical signs as a function of protein adsorption. *Optom Vis Sci.* 2002;79(3):184-192.
- [2] Ma KJ, Lee KJ. *Contact lens*, 1st Ed. Seoul: Daehak-seolim, 1995;82-322.
- [3] Brennan NA, Coles MC. Deposits and symptomatology with soft contact lens wear. *Int Contact Lens Clin.* 2000;

- 27(3):75-100.
- [4] Cheng L, Muller SJ, Radke CJ. Wettability of silicone-hydrogel contact lenses in the presence of tear-film components. *Curr Eye Res.* 2004;28(2):93-108.
- [5] Nathan E. Contact lens complications, 2nd Ed. Seoul: Elsevier Korea, 2008;236-249.
- [6] Food and Drug Administration. Guidance for Industry-Premarket notification(510(k)) guidance document for contact lens care products. Food and Drug Administration. 1997.
- [7] Lowry OH, Rosebrough NJ, Farr AL, Randall RJ. Protein measurement with the Folin phenol reagent. *J Biol Chem.* 1951;193(1):265-275.
- [8] Giraldez MJ, Resua CG, Lira M, Oliveira ME, Magarios B, Toranzo AE et al. Contact lens hydrophobicity and roughness effects on bacterial adhesion. *Optom Vis Sci.* 2010; 87(6):426-431.
- [9] Zhang S, Borazjani RN, Salamone JC, Ahearn DG, Crow SA, Pierce GE. In vitro deposition of lysozyme on etafilcon A and balafilcon A hydrogel contact lenses: Effects on adhesion and survival of *Pseudomonas aeruginosa* and *Staphylococcus aureus*. *Cont Lens Anterior Eye.* 2005; 28(3):113-119.
- [10] Borazjani RN, Levy B, Ahearn DG. Relative primary adhesion of *Pseudomonas aeruginosa*, *Serratia marcescens* and *Staphylococcus aureus* to HEMA-type contact lenses and an extended wear silicone hydrogel contact lens of high oxygen permeability. *Cont Lens Anterior Eye.* 2004;27(1):3-8.
- [11] Tran VB, Fleiszig SM, Evans DJ, Radke CJ. Dynamics of flagellum and pilus mediated association of *Pseudomonas aeruginosa* with contact lens surfaces. *Appl Environ Microbiol.* 2011;77(11):3644-3652.
- [12] Bruinsma, GM, van der Mei HC, Busscher HJ. Bacterial adhesion to surface hydrophilic and hydrophobic contact lenses. *Biomaterials.* 2001;22(24):3217-3224.
- [13] Giraldez MJ, Serra C, Lira M, Real Oliveira ME, Yebra-Pimentel E. Soft contact lens surface profile by atomic force microscopy. *Optom Vis Sci.* 2010;87(7):475-481.
- [14] Imamura Y, Chandra J, Mukherjee PK, Latif AA, Szczotka-Flynn LB, Pearlman E et al. *Fusarium* and *Candida albicans* biofilms on soft contact lenses: model development, influence of lens type, and susceptibility to lens care solutions. *Antimicrob Agents Chemother.* 2008;52(1):171-182.
- [15] Subbaraman LN, Borazjani R, Zhu H, Zhao Z, Jones L, Willcox MD. Influence of protein deposition on bacterial adhesion to contact lenses. *Optom Vis Sci.* 2011;88(8):959-966.
- [16] Berman ER. *Biochemistry of the eye*, New York: Springer, 1991;79-80.
- [17] Osserman EF Canfield RE, Beychok S. *Lysozyme*, New York: Academic Press, 1974;169-186.
- [18] Hambleton P. The sensitivity of gram-negative bacteria, recovered from aerosols, to lysozyme and other hydrolytic enzymes. *J Gen Microbiol.* 1970;61(2):197-204.
- [19] Kravchenko NA, Kagramanova KA, Kznetzow YD. Effect of salt and other factors on lysozyme activity. *Biokhimiia.* 1967;32(3):618-623.
- [20] Chang KY, Carr CW. Studies on the structure and function of lysozyme: The effect of pH and cation concentration on lysozyme activity. *Biochim Biophys Acta.* 1971;229(2): 496-503.
- [21] Koh EG, Chae SC, Park SK, Kim DS, Lee JB. The Cytotoxicity and effect on the experimental rabbit cornea of soft contact lens multi-purpose solution(MPS). *Korean J Electron Microscopy.* 2006;36(3):141-153.

Comparisons of Adherence Level of Micro-organisms According to Contact Lens Materials and Protein Deposition and Disinfection Efficacy of Multipurpose Solution

Hyung Kyung Sung, So Ra Kim, and Mijung Park*

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

(Received February 2, 2015; Revised March 3, 2015; Accepted March 5, 2015)

Purpose: The present study was aimed to compare the difference in adherence level of microorganisms according to contact lens materials and protein deposition and to evaluate disinfection efficacy of multipurpose solution. **Methods:** The evaluations of micro-organisms' adherence and disinfection efficacy of multi-purpose solution were conducted by employing the Part 2. Regimen Procedure for Disinfecting Regiments in the Disinfection Efficacy Testing under the "FDA Evaluation Criteria & Method". **Results:** *Pseudomonas aeruginosa*, *Serratia marcescens*, *Candida albicans* except *Staphylococcus aureus* adhered more on etafilcon A lens and disinfection efficacy of total 4 products investigated was almost perfect except *Candida albicans*. The 3 micro-organisms except *Serratia marcescens* adhered more to albumin-predeposited lens. Disinfection efficacy of multi-purpose solution was higher against the micro-organisms adhered to albumin-deposited lens than against the micro-organisms adhered to the lysozyme-deposited lens. Furthermore, disinfection efficacy of multi-purpose solution was different according to types of micro-organisms. **Conclusions:** It was revealed that the type of micro-organisms, the lens materials and type of absorbed tear protein affected the amount of adhered micro-organisms to contact lens and that adhesion of tear protein could induce the change of disinfection efficacy of multi-purpose solution. It suggest that the hygienic condition of contact lens can vary by these factors influencing on disinfection efficacy and the occurrence of adverse effect can be affected.

Key words: Contact Lens Materials, Tear Protein, Multi-purpose Solution, Disinfection, *Staphylococcus aureus*, *Pseudomonas aeruginosa*, *Serratia marcescens*, *Candida albicans*