

UV-A로 유발된 효소 변성에 대한 콘택트렌즈의 차단 효과

박미정 · 이금희 · 이은경 · 박상희* · 김소라 · 이흠숙**

서울산업대학교 안경광학과, *가야대학교 안경광학과, **서울산업대학교 식품공학과
투고일(2008년 10월 27일), 수정일(2008년 11월 13일), 게재확정일(2008년 12월 9일)

목적: 본 연구에서는 UV-A 차단 콘택트렌즈의 UV-A 차단효과를 일반 콘택트렌즈의 효과와 비교하여 보고자 하였다. **방법:** RNase A, catalase 및 superoxide dismutase(SOD)를 일반 콘택트렌즈(UV-A 차단율 20%) 및 자외선 차단 콘택트렌즈(UV-A 차단율 85%)로 차단하였을 때의 UV-A에 의한 변성을 아크릴아미드 겔 전기영동법으로 확인하였다. 효소의 용액은 각각 1, 3, 6, 24 및 96시간 동안 365 nm의 UV-A에 노출시켰으며, 콘택트렌즈에 의한 UV-A 차단 범위는 전안구를 덮는 RGP 렌즈, 소프트 콘택트렌즈, 안경의 크기를 계산하여 각각 50%, 70% 및 100%로 변화를 주었다. **결과:** RNase A, catalase 및 SOD의 변성은 UV-A에 노출된 시간이 길어질수록 심하여졌다. 자외선 차단 콘택트렌즈의 자외선 차단 효과는 일반 콘택트렌즈와 비교하여 보았을 때 모든 효소에서 차단 효과가 있음을 확인하였다. 콘택트렌즈로 차단된 범위가 줄어들수록 또한 UV-A에 노출된 시간이 길어질수록 자외선 차단 콘택트렌즈의 차단 효과는 감소됨을 알 수 있었다. **결론:** 이상의 결과로 미루어 UV-A에 장시간 노출되었을 경우 자외선 차단 콘택트렌즈는 안구 내의 존재하는 효소를 보호하는 효과가 미흡할 것으로 생각되며, 따라서 햇볕 아래에서의 장시간 콘택트렌즈 착용은 충분한 고려를 하여야 할 것으로 제안할 수 있다.

주제어: 콘택트렌즈, UV-A, 안경 렌즈, RGP 렌즈 크기, 소프트콘택트렌즈 크기, 효소 변성

서 론

인체 내 중요 장기가 피부에 의해 외부로부터 보호되는 것과는 달리 시각기관은 특별한 보호 장치가 없어 태양에 바로 노출되어 때문에 자외선에 대해 더 많은 영향을 받을 수 있다.

자외선은 세계보건기구(WHO)의 협력 단체인 '국제 비이온화방사선 방호협회(ICNIRP)의 기준에 따라 315~400 nm의 UV-A, 280~315 nm의 UV-B, 200~280 nm의 UV-C로 분류될 수 있다. UV는 각 파장의 영역에 따라서 눈의 각 부위에 미치는 영향이 조금씩 다르다. UV-C는 성층권의 O₃에 의해 거의 흡수되므로 지구에서는 무시해도 좋을 정도이므로 야외 활동에서 자외선의 시각 노출을 감안할 때 관련성의 거의 없다. 그러나 UV-B는 각막과 망막 손상에 연관되어 있고 UV-A는 수정체와 망막에 광 손상을 유발시킨다²⁻⁵.

따라서 여름에 사용하는 선글라스 외에도 일반 안경렌즈도 어느 정도의 자외선 차단율을 가진 렌즈가 사용되고 있다. 콘택트렌즈 역시 자외선 차단 콘택트렌즈가 제조되고 있지만⁶⁻⁹, 안경과는 달리 소프트콘택트렌즈는 각막과

결막의 일부를 덮으며 RGP렌즈는 각막의 일부만을 덮으므로 UV를 차단하는 재질을 사용하였다 하더라도 한계가 있을 수 밖에 없다. 또한, 소프트 콘택트렌즈들의 자외선 차단율을 조사한 결과에서 UV-A는 50~98%, UV-B는 83~98%, UV-C는 60~97%로 렌즈별로 자외선 차단율이 상이하게 나타났으나^{9,10}, 이러한 차이들이 실제로 의미하는 바에 대해서는 구체적인 연구가 이루어지지 않고 있는 실정이다.

본 연구에서는 안구 내에 존재하는 효소인 RNase A, catalase 및 superoxide dismutase(SOD)들에 UV-A를 조사하였을 때 효소의 변성이 일어나는지를 확인하고, 자외선 차단 콘택트렌즈가 이러한 변성을 어느 정도 억제할 수 있는지를 알아보려고 하였다. RNase A는 DNA 합성 초기에 만들어진 불필요한 RNA 제거에 중요한 역할을 함으로써 자외선과 같은 자극에 의해 손상된 세포의 재생에 중요한 역할을 하는 효소이다¹¹. Catalase와 SOD는 glutathione peroxidase와 더불어 체내에 존재하는 산소유리기 제거물질인 항산화 효소이다. 각막 상피세포가 자외선에 노출되면 생체 내에서 일어나는 산화작용이 진행되어 과산화 음이온이 증가한다. 이 이온은 SOD의 촉매 작용에 의

해서 과산화수소와 분자 상태의 산소로 전환되는데¹², 이때 발생하는 과산화수소를 물과 산소로 전환되는 과정을 catalase가 촉매하여 결과적으로 산소 유리기가 크게 감소하게 된다¹³. 따라서 이들 효소들이 자외선에 의해 변성이 일어나게 되면 눈에 치명적인 영향을 미쳐 각종 안질환을 유발할 수 있다. 본 연구에서는 인위적으로 RNase A, catalase, SOD의 UV-A에 의한 변성을 유발하고 자외선 차단 콘택트렌즈와 일반 콘택트렌즈의 차단 효과를 비교하고자 하였으며, 또한 콘택트렌즈가 전안부를 완전히 덮지 못하여 발생하는 영향에 대하여서도 알아보았다.

실험 방법

1. 시약 및 콘택트렌즈

실험에 사용된 RNase A, catalase, SOD, riboflavin, acrylamide, sodium dodecyl sulfate(SDS), coomassie brilliant blue R, ammonium persulfate(APS), molecular weight marker는 SIGMA사(M.O., U.S.A)의 제품을, bis-acrylamid, glycerol, Tris base, glycine, 2-mercaptoethanol는 AMRESCO사(U.S.A) 제품을 사용하였으며 그 외의 시약은 특급시약을 사용하였다.

콘택트렌즈는 세한사의 Floating UV 및 Opticon 렌즈를 사용했으며, UV-A 자외선 차단율은 Floating UV는 85%, Opticon 렌즈는 20%이었다.

2. 콘택트렌즈 면적

20대 20안을 조사한 결과, 안검을 제외한 자외선 노출 안구의 평균 면적은 235.62 mm²이었다. 콘택트렌즈가 안검에 덮이는 면적을 제외하였을 때 RGP 렌즈는 전안부의 약 50%, 소프트콘택트렌즈는 약 70%를 덮고 있어 이 비율을 실험에 적용하여 본 실험에서는 콘택트렌즈의 적용 범위를 실험용기의 각각 50%, 70% 및 100%로 조절하였다.

3. UV-A 노출 조건

산소자유라디칼의 생성을 활성화시키는 5 μM riboflavin을 2 μg/ml의 RNase A, catalase, SOD 각각에 첨가한 후 자외선 램프(VL-6-LM, Vilber Lourmat, France)로 UV-A를 조사하였다. 본 실험에서 사용한 자외선 파장은 365 nm로 효소용액으로부터 20 cm 떨어진 거리에서 노출하였다(에너지효율 9 mW/cm²). UV-A 노출시간은 1, 3, 6, 24, 96시간 이었다.

4. 전기영동

효소의 변성 여부는 10% SDS 아크릴아미드겔 전기영

동으로 알아보았다. 염색은 coomassie brilliant blue R로 하였으며 molecular weight marker와 전기영동 패턴을 비교하였다¹⁴.

결과 및 고찰

1. RNase A에 대한 자외선 차단효과

RNase A를 1, 3, 6, 24, 96시간 동안 UV-A 차단율이 85%인 자외선 차단 콘택트렌즈와 20%인 일반 콘택트렌즈로 각각 전체 면적과 소프트렌즈 및 RGP 렌즈를 착용하였을 때의 면적 만큼을 가린 후 UV-A를 조사하였다.

UV-A에 노출되지 않은 RNase A는 분자량이 약 14,200~20,000 dalton에서 band A만이 관찰되었으나(Fig. 1a) 자외선 노출 시간이 증가하여 손상도가 심해질수록 더 많은 band가 관찰되어 자외선 노출 시간이 증가함에 따라 RNase A의 손상이 커짐을 알 수 있었다(Fig. 1 line 1).

UV-A에 1시간 동안 노출되었을 때 노출되지 않은 RNase A에서는 나타나지 않은 band A'가 콘택트렌즈의 자외선 차단율 및 차단범위와 관계없이 나타났다. 이를 통해 1시간 동안 노출되었을 때, 일반 콘택트렌즈 뿐만 아니라 자외선 차단 콘택트렌즈 역시 RNase A의 변성을 완벽하게 차단하지는 못함을 알 수 있었다. 그러나, UV-A를 차단시키지 않은 line 1에서 나타났던 24,000~29,000 dalton 범위의 band B는 자외선 차단율이 낮은 일반 콘택트렌즈에서만 나타났다(Fig. 1b, Table 1). 따라서 일반 콘택트렌즈와는 달리 자외선 차단 콘택트렌즈는 단시간의 자외선 노출에 대해서는 RGP 렌즈 정도 크기의 차단만으로도 어느 정도까지는 자외선 차단 효과가 있음을 확인하였다.

UV-A에 3시간 동안 노출되었을 때, 일반 콘택트렌즈는 band A' 및 B가 모두 선명하게 나타났으며, 자외선 차단 콘택트렌즈의 경우는 RGP 렌즈의 크기로 차단시에는 자외선에 의한 손상을 차단하지 못하였으나 소프트렌즈 크기로 차단시에는 band B가 다소 흐려져 어느 정도의 자외선 차단효과가 있었다. 자외선 차단렌즈로 완전히 차단한 경우는 자외선에 의한 손상이 나타나지 않았다(Fig. 1c, Table 1). 이러한 결과는 3시간 동안의 자외선 조사에 의한 RNase A의 변성을 50% 이상의 UV-A 차단율을 가진 안경렌즈가 완벽하게 차단하였다는 박 등¹⁵의 연구와 비교하여 볼 때 본 연구에 사용한 85% 자외선 차단율의 소프트렌즈나 RGP 렌즈가 UV-A 50% 차단율을 가진 안경렌즈보다 자외선 차단 효과가 떨어진다는 것을 알 수 있었다.

UV-A에 6시간 노출되었을 때는 RNase A의 손상 정도가 3시간 노출시와 별다른 차이는 없었다. 그러나 콘택트

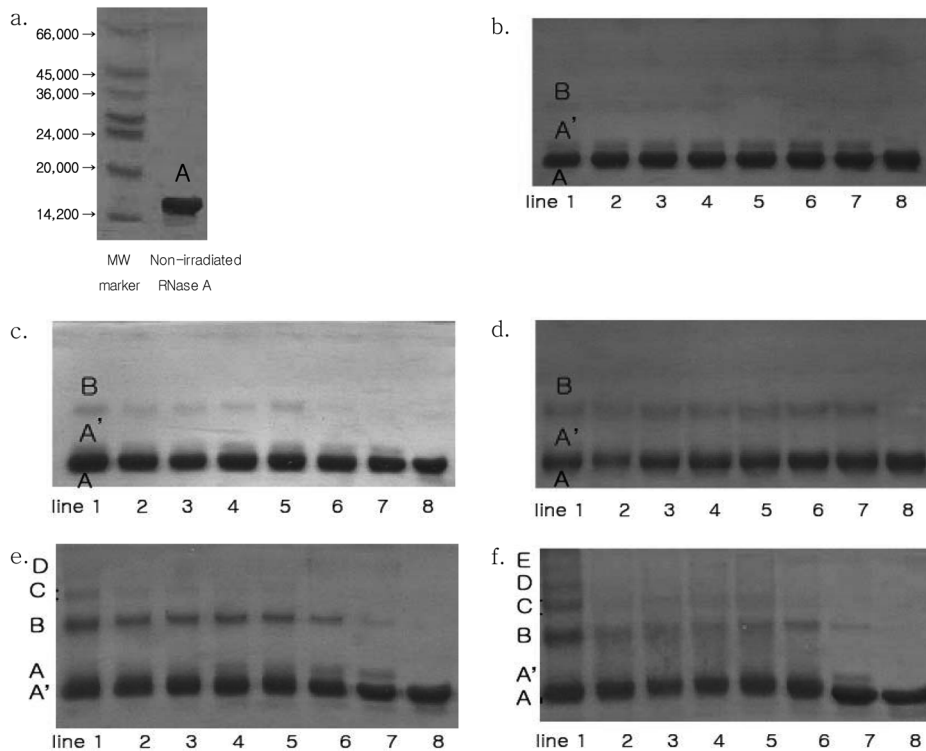


Fig. 1. The effect of contact lenses on RNase A denaturation induced by UV-A irradiation.

a. non-irradiated RNase A, b. RNase A irradiated for 1 hr, c. RNase A irradiated for 3 hr, d. RNase A irradiated for 6 hr, e. RNase A irradiated for 24 hr, f. RNase A irradiated for 96 hr
 line 1; irradiated without UV-A blocking, line 2; blocked with regular contact lens (CL) on the same area (70%) as soft CL's and irradiated, line 3; blocked with regular CL on the same area (50%) as RGP lens' and irradiated, line 4; blocked with regular CL on the whole area and irradiated, line 5; blocked with UV-blocking CL on the same area (70%) as soft CL's and irradiated, line 6; blocked with UV-blocking CL on the same area as RGP lens' and irradiated, line 7; RNase A blocked with UV-blocking CL on the whole area and irradiated, line 8; non-irradiated

Table 1. A relationship between UV irradiation time and area covered with contact lens on RNase A denaturation

contact lens	irradiation time (hr)	area covered		
		with RGP lens	with SCL	whole area
UV blocking contact lens	1	(++)	(++)	(++)
	3	(+)	(++)	(++)
	6	(-)	(-)	(-)
	24	(+)	(++)	(++)
	96	(+)	(+)	(++)
regular contact lens	1	(+)	(+)	(+)
	3	(+)	(+)	(+)
	6	(-)	(-)	(-)
	24	(+)	(+)	(+)
	96	(+)	(+)	(+)

(-): non protection, (+): partial protection, (++): most protection

렌즈로 차단하였을 때는 차단범위 및 렌즈의 종류에 관계 없이 band A, A' 및 B가 관찰되어 6시간의 노출로 유발된

어느 정도의 손상은 자외선 차단 콘택트렌즈로 차단될 수 없음을 알 수 있었다(Fig. 1d, Table 1).

24시간 동안 UV-A에 노출되었을 때 RNase A의 손상은 심화되어 band C와 band D가 관찰되었으며, 일반 콘택트렌즈로 차단한 경우는 다소 희미한 band C만이 관찰되었다. 자외선 차단 콘택트렌즈로 차단한 경우는 RGP 렌즈 크기의 차단시 희미한 band C가 관찰되었으나 소프트렌즈 크기 차단시는 관찰되지 않았다(Fig. 1e, Table 1). 따라서 소프트렌즈 크기의 차단은 비록 band A' 및 B의 생성을 막지는 못하였으나 어느 정도 UV-A에 의한 변성을 억제할 수 있음을 확인하였다. 6시간 동안의 UV-A 노출에 대한 콘택트렌즈는 차단효과가 없었으나 24시간 동안의 노출에 대한 효과가 더 크게 나타난 것으로 관찰되었다. 이는 24시간 동안의 노출은 6시간의 노출에 비해 RNase A가 심각하게 손상을 받게 되었고 이러한 손상에 대해 콘택트렌즈가 미미하게 효과를 나타내게 된 것으로 판단하여야 할 것이다. 6시간의 노출은 상대적으로 미미하여 손상을 억제한다고 판정하기 위해서는 거의 완벽하게 변성을 차단하여야 했으나 콘택트렌즈의 작용은 이에 못미쳤

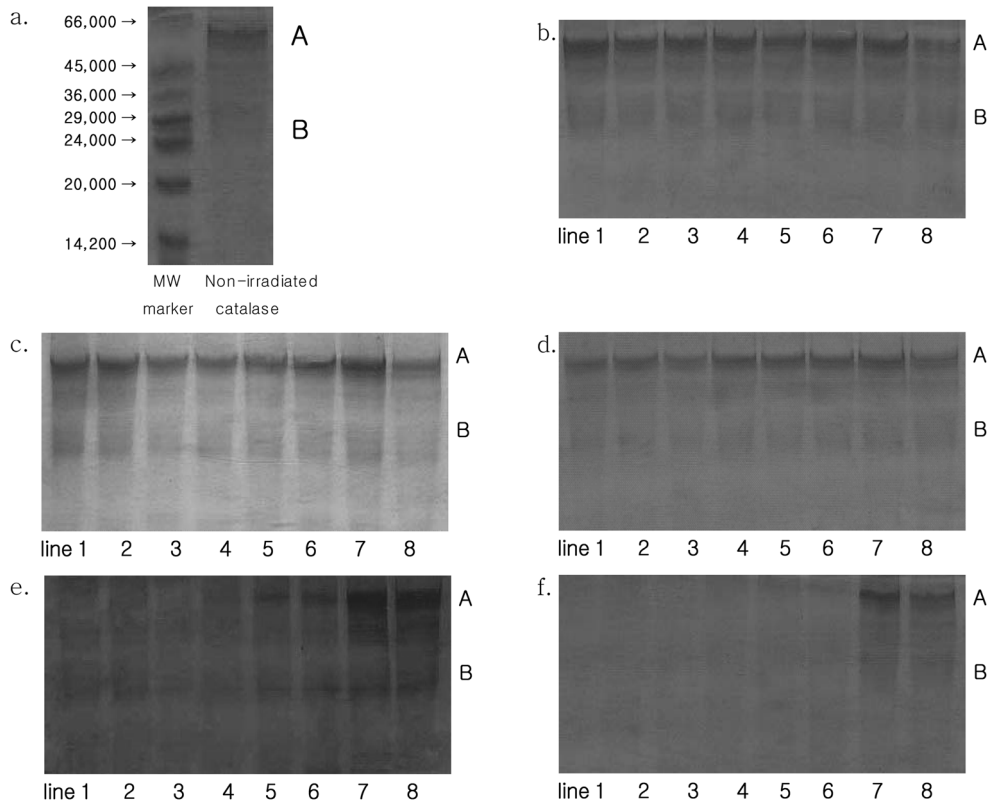


Fig. 2. The effect of contact lenses on catalase denaturation induced by UV-A irradiation.

a. non-irradiated catalase, b. catalase irradiated for 1 hr, c. catalase irradiated for 3 hr, d. catalase irradiated for 6 hr, e. catalase irradiated for 24 hr, f. catalase irradiated for 96 hr

The legends of lines 1~8 are same as in Figure 1.

Table 2. A relationship between UV irradiation time and area covered with contact lens on the catalase denaturation

contact lens	irradiation time (hr)	area covered		
		with RGP lens	with SCL	whole area
UV blocking contact lens	1	N.D.	N.D.	N.D.
	3	N.D.	N.D.	N.D.
	6	N.D.	N.D.	N.D.
	24	(++)	(++)	N.D.
	96	(+)	(+)	(++)
regular contact lens	1	N.D.	N.D.	N.D.
	3	N.D.	N.D.	N.D.
	6	(-)	(-)	N.D.
	24	(-)	(-)	(-)
	96	(-)	(-)	(-)

(-): non protection (+): partial protection (++): most protection
N.D.: The denaturation was not detected.

으며, 24시간 동안 노출로 유발된 심각한 변화는 조금씩만 억제되어도 효과가 큰 것으로 판정되어 나타나는 결과

로 보인다.

96시간 동안 UV-A에 장시간 노출시에는 자외선에 의한 RNase A의 변성은 더 심화되어 band D 및 E가 나타났으며, 소프트렌즈 크기 차단시조차도 이러한 변성을 억제하지는 못하였다(Fig. 1f, Table 1).

2. Catalase에 대한 자외선 차단효과

UV-A에 노출되지 않은 catalase는 분자량이 약 24,000~66,000 dalton의 넓은 범위에서 band가 관찰되었으며 특히 45,000~66,000 dalton 범위에서 band A가 진하게, 24,000~29,000 dalton 사이에서 band B가 얇게 관찰되었다(Fig. 2a). UV-A를 1시간, 3시간 조사하였을 경우는 catalase의 변성이 유발되지 않았으나, 6시간 조사시에는 UV-A에 노출되지 않은 catalase에 비해 band A와 B 부분이 다소 희미해졌으며, 조사시간이 24시간인 경우는 눈에 띄게 band A가 희미해져 있는 것을 관찰할 수 있었다. 96시간 조사시에는 특징적인 band를 관찰할 수 없을 만큼 심하게 분해되었다(Fig. 2 line 1).

6시간 조사시에 자외선 차단 콘택트렌즈에 의해 band A와 B의 희미해짐은 억제되었으나 일반 콘택트렌즈로 소프트렌즈 및 RGP 렌즈 크기 만큼 차단되었을 때는 억제되

지 않았다(Fig. 2d, Table 2).

UV-A에 24시간 동안 노출되었을 때는 일반 콘택트렌즈로 차단하더라도 band A와 B의 분해를 막을 수 없었으나, 자외선 차단렌즈로 RGP 렌즈 크기 및 소프트렌즈 크기만큼 차단한 경우는 다소 진한 band A와 B가 관찰되어 UV-A에 의한 변성이 어느 정도 차단되었음을 알 수 있었다(Fig. 2e, Table 2).

96시간 동안 UV-A에 노출된 catalase는 분해 정도가 심해 효소의 흔적조차 남지 않았다. 실험에 사용한 단백질 염색제인 coomassie brilliant blue는 ng의 단백질을 검출하는 것이 가능하므로 전기영동으로 특징적인 band가 나타나지 않은 것은 단백질의 분해가 심해 동일한 분자량의 단백질이 검출될 정도로 존재하지 않는다는 것을 의미한다. 일반 콘택트렌즈는 이러한 catalase의 분해를 차단할 수 없었으며, 자외선 차단 콘택트렌즈를 RGP 렌즈나 소프트렌즈 크기로 차단하였을 때는 미세하게나마 단백질의 흔적이 나타나 약간의 차단효과가 있음을 알 수 있었다(Fig. 2f, Table 2). 자외선 차단 콘택트렌즈로 100% 차단하였을 경우는 이러한 catalase의 분해가 억제되어(Fig. 2f line 8), 70% 면적이 보호되는 소프트렌즈의 결과와 큰 대조를 이루었다.

이러한 결과는 장시간 자외선에 노출시에는 콘택트렌즈

에 의해 보호가 크게 도움이 되지 않을 수 있다는 것을 의미하는 것이다.

3. SOD에 대한 자외선 차단효과

UV-A에 노출되지 않은 SOD는 분자량이 약 14,200~20,000 dalton에서 band A가 관찰되었으며(Fig. 3a), 1시간 동안 노출시에는 SOD에 변화가 나타나지 않았다(Fig. 3b, Table 3). UV-A를 3시간 및 6시간 동안 조사하였을 경우 band B가 관찰되었으며, 일반 콘택트렌즈로 RGP 렌즈 크기로 차단시에는 SOD에 대한 보호작용이 나타나지 않았으나, 일반 콘택트렌즈를 소프트렌즈 크기 차단하였을 때와 자외선 차단 콘택트렌즈를 RGP 렌즈 크기 및 소프트렌즈 크기로 차단하였을 때 band B가 다소 희미해져 어느 정도 UV-A에 대한 보호작용이 있음을 확인할 수 있었다(Fig. 3c, 3d, Table 3).

24시간 동안 UV-A를 조사하였을 경우는 band B에 속하는 분자량의 단백질의 양이 증가하여 선명해졌으며, 일반 콘택트렌즈와 자외선 차단 콘택트렌즈 모두 이러한 현상을 어느 정도 차단하였다(Fig. 3e, Table 3).

96시간 동안 조사하였을 경우는 band A에 해당하는 단백질의 양이 감소하여 band A가 희미해졌으며 24시간에서 진하게 염색이 되었던 band B는 거의 관찰되지 않은

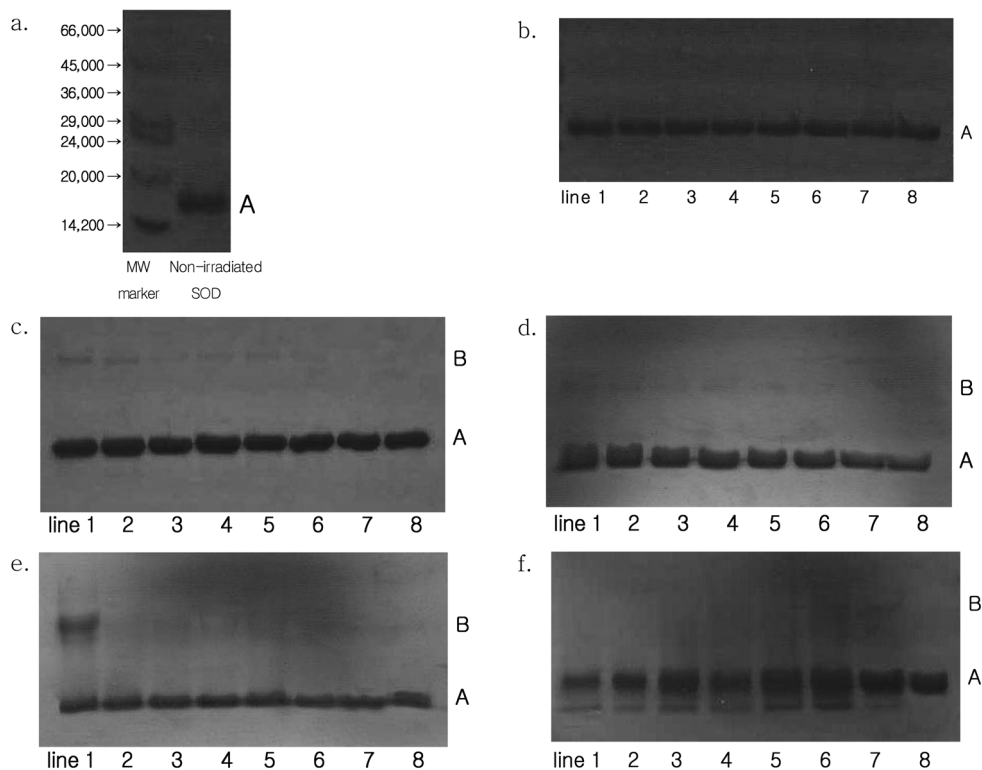


Fig. 3. The effect of contact lenses on the SOD denaturation induced by UV-A irradiation.

a. non-irradiated SOD, b. SOD irradiated for 1 hr, c. SOD irradiated for 3 hr, d. SOD irradiated for 6 hr, e. SOD irradiated for 24 hr, f. SOD irradiated for 96 hr

The legends of lines 1~8 are same as in Figure 1.

Table 3. A relationship between UV irradiation time and area covered with contact lens on the SOD denaturation

contact lens	irradiation time (hr)	area covered		
		with RGP lens	with SCL	whole area
UV blocking contact lens	1	N.D.	N.D.	N.D.
	3	(+)	(+)	N.D.
	6	(+)	(+)	N.D.
	24	(+)	(+)	(++)
	96	(+)	(+)	(++)
regular contact lens	1	N.D.	N.D.	N.D.
	3	(-)	(+)	(+)
	6	(-)	(+)	(+)
	24	(+)	(+)	(+)
	96	(-)	(+)	(+)

(-): non protection (+): partial protection (++): most protection
N.D.: The denaturation was not detected.

반면, band A 아래 부분에 band A'가 관찰되었다. 일반 콘택트렌즈를 RGP 렌즈 크기로 차단하였을 때는 아무런 차단 작용을 하지 않았을 때와 유사한 전기영동 패턴을 보여 아무런 효과가 없음을 알 수 있었다. 일반 콘택트렌즈를 소프트렌즈 크기로 차단하였을 때와 자외선 차단 콘택트렌즈를 RGP 렌즈 및 소프트렌즈 크기로 차단하였을 때는 band A는 관찰되었으나 band B 부근에 미세한 단백질의 흔적이 관찰되어 어느 정도의 차단효과가 있음을 알 수 있었다(Fig. 3f, Table 3).

자외선 차단 콘택트렌즈의 경우 모든 면적을 차단하였을 경우는 노출 시간에 관계없이 UV-A에 SOD의 분해를 대부분 차단하여 RGP 렌즈 크기 및 소프트렌즈 크기로 차단하였을 경우와 상당한 차단효과의 차이를 보였다.

이상에서와 같이 콘택트렌즈에 의한 UV-A 차단 효과에 대해 알아보았다. 본 연구에 사용한 RNase A, catalase 및 SOD는 각막 손상시 각막재생과 자외선과 같은 산화적 스트레스에 대해 보호작용을 가지고 있는 효소들이다¹¹⁻¹³. 따라서 이들 효소들의 손상은 각막에 중대한 손실을 야기할 수 있다.

미국 식품의약품안전청의 의료기기·방사선보건센터(Center for Devices and Radiological Health)에서 발표한 콘택트렌즈의 자외선 차단 분류지침에 의하면, Class 2는 UV-B의 최소 95%, UV-A의 70%를 흡수하며, Class 1은 최소 99%의 UV-B와 90%의 UV-A를 흡수해야 한다^{16,17}. 본 연구에 사용한 렌즈를 비롯하여 국내 시중에서 자주 사용되고 있는 대부분 콘택트렌즈의 자외선 차단율은 class 2에 속한다. 일상에서의 자외선에 대해 폐해를 줄이

기 위해 새로이 자외선 차단율이 높은 콘택트렌즈들이 개발되고 있다는 것은 눈의 보호를 위해 바람직한 일이다. 그러나 본 연구에서 처럼 콘택트렌즈는 차단 면적의 한계를 가지고 있기 때문에 자외선 차단 효과에 대한 좀 더 체계적인 연구가 함께 수행되어야 할 것이다.

결 론

본 연구에서 UV-A를 조사하였을 때 이들 효소들은 조사시간에 따라 손상받는 정도가 상이하였다. RNase A는 UV-A를 1시간 동안, catalase는 6시간 동안, SOD는 3시간 동안 노출하였을 때 손상받기 시작하였다. 이러한 시간에 따른 노출 정도의 차이는 콘택트렌즈의 보호 효과가 효소마다 상이할 수 밖에 없음을 의미한다.

실험에 사용한 85%의 UV-A 차단율을 가진 자외선 차단 콘택트렌즈의 효과는 20%의 차단율을 가진 일반 콘택트렌즈에 비해 UV-A 노출 시간이 길어져 손상이 심해질 때 더 큰 차이가 나타났다. 그러나 실제로 RGP 렌즈 및 소프트렌즈를 착용시에 전안부를 전부 차단하는 것이 아니므로 안경렌즈의 UV-A 차단율과 동일하게 효과를 예상할 수는 없다. 실험 결과에서도 자외선 차단 콘택트렌즈로 전체면적을 차단하였을 때에 비해 RGP 렌즈 및 소프트렌즈 크기로 차단시의 효소의 손상 정도가 더 컸다. RGP 렌즈 크기의 차단과 소프트렌즈 크기의 차단 간에도 보호효과에 크게 차이가 나타나 이러한 콘택트렌즈의 차단율 뿐만 아니라 차단 범위가 중요하다는 것을 알 수 있었다.

참고문헌

1. ICNIRP (International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection), "Guidelines on limits of exposure to ultraviolet radiation of wavelengths between 180 and 400 nm (incoherent optical radiation)", Health Phys., 87(2): 171-186(2004).
2. Zuclich J. A., "Ultraviolet-induced photochemical damage in ocular tissue", Health Phys., 56(5):671-682(1989).
3. Johar S. R., Rawal U. M., Jain N. K., and Vasavada A. R., "Sequential effects of ultraviolet radiation on the histomorphology, cell density and antioxidative status of the lens epithelium - an in vivo study", Photochem. Photobiol., 78(3):306-311(2003).
4. Hightower K. R., "A review of the evidence that ultraviolet irradiation is a risk factor in cataractogenesis", Doc. Ophthalmol., 88(3-4):205-220(1994-1995).
5. Wegener A. R., "In vivo studies on the effect of UV-radiation on the eye lens in animals", Doc. Ophthalmol. 88(3-4):221-232(1994-1995).
6. Moore L. and Ferreira J. T., "Ultraviolet transmittance characteristics of daily disposable and silicone hydrogel contact

- lenses", *Cont. Lens Anterior Eye*, 29(3):115-122(2006).
7. Cullen A. P., Dumbleton K. A., and Chou B. R., "Contact lenses and acute exposure to ultraviolet radiation", *Optom. Vis. Sci.*, 66:407-411(1989).
 8. Bergmanson J. P. G., Pitts D. G., and Chu L. W., "The efficacy of a UV-blocking soft contact lens in protecting cornea against UV radiation", *Acta Ophthalmol.*, 65:279-286(1987).
 9. Pitts D. G., "Ultraviolet-absorbing spectacle lenses, contact lenses, and intraocular lenses", *Optom. Vis. Sci.*, 67(6):435-440(1990).
 10. Faubl H. and Quinn M. H., "Spectra of UV-absorbing contact lenses: relative performance", *ICLC*, 27:65-74(2002).
 11. Narayan M., Welker E., and Scheraga H. A., "Development of a novel method to study the rate-determining step during protein regeneration: application to the oxidative folding of RNase A at low temperature reveals BPTI-like kinetic traps", *J. Am. Chem. Soc.*, 123(12):2909-2910(2001).
 12. Reddy V. N., Kasahara E., Hiraoka M., Lin L. R., and Ho Y. S., "Effects of variation in superoxide dismutases (SOD) on oxidative stress and apoptosis in lens epithelium", *Exp. Eye Res.*, 79(6):859-868(2004).
 13. Formicki G. and Stawarz R., "Ultraviolet influence on catalase activity and mineral content in eyeballs of gibel carp", *Sci. Total Environ.*, 369(1-3):447-450(2006).
 14. Neuhoff V., Arold N., Taube D., and Ehrhardt W., "Improved staining of proteins in polyacrylamide gels including isoelectric focusing gels with clear background at nanogram sensitivity using Coomassie Brilliant Blue G-250 and R-250", *Electrophoresis*, 9(6):255-262(1988).
 15. 박영민, 박충서, 이흠숙, 박미정, "UV-A로 유발된 RNase A의 변성에 대한 UV 차단렌즈의 작용", *한국안광학회지*, 12(1):9-15(2007).
 16. Bergmanson J. P. G. and Sheldon T., "Ultraviolet radiation revisited", *CLAO J.*, 23(3):196-204(1997).
 17. Young S. and Sands J., "Sun and the eye: prevention and detection of light induced disease", *Clin. Dermatol.*, 16:477-485(1998).

Effects of UV-A Blocking Contact Lenses on the Enzymes Denaturation Induced by UV-A Irradiation

Mijung Park, Keum Hee Lee, Eun Kyung Lee, Sang Hee Park*, So Ra Kim and Heum Sook Lee**

Department of Visual Optics, Seoul National University of Technology

*Department of Ophthalmic Optics, Kaya University

**Department of Food Science and Technology, Seoul National University of Technology

(Received October 27, 2008; Revised November 13, 2008; Accepted December 9, 2008)

Purpose: The current study was conducted to evaluate the compatibility of UV-A blocking contact lens on eye protection with regular contact lens. **Methods:** The protective activity of regular contact lens (UV-A blocking: 20%) and UV-A blocking contact lens (UV-A blocking: 85%) on the denaturation of RNase A, catalase, and superoxide dismutase (SOD) induced UV-A irradiation were compared by acrylamide gel electrophoresis. The enzyme solutions were irradiated with UV-A for 1, 3, 6, 24 and 96 hours at the wavelength of 365 nm. Covering area with contact lenses were varied as 50%, 70% and 100% according to the calculation of blocking areas of anterior eye that could be covered with RGP lens, soft contact lens, and eye glasses, respectively. **Results:** Denaturations of RNase, catalase and SOD were exaggerated when they were exposed to UV-A for a longer period. The denaturation was effectively prevented by UV-A blocking contact lens compared to regular contact lens. The capability of UV-A blocking contact lens was considerably reduced when the covering area with contact lens decreased and exposure time to UV-A extended. **Conclusion:** Therefore, it would be suggested that wearing contact lens for a long time under sunlight is carefully considered since the activity of UV-A blocking contact lens against UV-A irradiation may not be enough to protect enzymes presented in eyes when exposure time to UV-A increased.

Key words: UV-A blocking contact lens, UV-A, size of RGP lens, size of soft contact lens, enzyme denaturation