

UV-A로 유발된 항산화효소의 변성에 대한 자외선 차단렌즈의 작용

박충서 · 박영민 · 김대현 · 박미정

서울산업대학교 안경광학과
(2007년 5월 29일 받음, 2007년 6월 30일 수정본 받음)

본 연구는 UV-A 노출에 의해 유발된 안구 내에 존재하는 항산화효소인 catalase와 superoxide dismutase(SOD)의 변성을 차단할 수 있는 안경렌즈의 적절한 UV-A 차단율을 알아보기 위해 수행하였다. Catalase와 SOD를 1, 3, 6, 24, 96시간 동안 365 nm의 UV-A에 노출시켜 노출시간에 따른 단백질의 변성 정도를 아크릴아미드 겔 전기영동법으로 확인하였다. 또한, 20, 50, 80 및 99% UV 차단 효과를 가진 안경렌즈로 UV-A를 차단하였을 때 catalase와 SOD의 변성이 억제될 수 있는 지를 알아보았다. Catalase는 3시간 이상의 UV-A 노출에 의해 변성되기 시작하였다. 그러나, SOD는 6시간 이상 노출시에 변성이 되기 시작하였다. 99% 차단렌즈에 의해 3시간 동안의 UV-A 노출에 의한 catalase 변성을 완전히 억제할 수 있었다. 그러나 노출시간이 3시간보다 길어지거나 차단율이 99%보다 낮은 렌즈를 사용한 경우, 어느 정도까지는 변성 억제작용은 있었으나 완벽하게 변성을 억제하지는 못하였다. 비록 50% 차단율을 가진 렌즈는 UV-A에 대한 SOD의 변성에 대해 부분적인 억제 작용을 나타냈으나, 80% 및 99%의 차단율을 가진 안경렌즈는 UV-A에 의한 SOD의 변성을 완전히 억제하였다.

주제어: UV-A 노출, 안경렌즈, UV-A 차단율, catalase, superoxide dismutase, 효소 변성

서 론

1926년 Duke-Elder가 자외선이 수정체 단백질의 methionine, tryptophan, tyrosine 같은 아미노산을 변화시켜 단백질의 변성을 초래한다고 주장한 이래 수정체에 미치는 자외선의 영향에 대한 많은 연구결과가 보고되고 있다^[1-4]. 자외선은 수정체 단백질, 지방, 핵산에 산화적 손상을 주어 수정체 상피, 전부피질, 핵, 후낭하 부위의 혼탁을 유발시킨다^[5,6].

Pitts 등은 유색가토에서 290-365 nm의 자외선을 조사하여 수정체의 전부 피질에 혼탁이 발생한다고 보고하였다^[7]. 또한 Hockwin 등은 일생동안 생활 자외선(300-400 nm)에 노출된 사람의 수정체에서 자외선에 의해 생성된 chromophore로 인해 수정체 핵이 어떻게 변색된다는 것을 확인하였다^[8]. Jose는 UV-A(320-400 nm)와 UV-B(286-320 nm)를 1-2개월 조사한 결과 수정체 상피 변성과 함께 수정체 혼탁이 발생함을 증명하였고, 5-6개월 후에는 후부피질에 혼탁이 발생하였다고 보고하였다^[9]. 그러나, 이러한 연구결과와 같은 자외선이 눈에 미치는 영향에 관한 연구와 많은 관심에도 불구하고 아직까지 백내장에 대한 예방

및 치료가 쉽지 않은 것이 현실이다.

각막 상피세포가 자외선에 노출이 되면 초산화 음이온이 증가하고 이 이온은 과산화수소와 분자 상태의 산소로 전환되는 반응을 촉매하는 효소인 superoxide dismutase(SOD)에 의해 제거된다^[10]. 이 과정 중에 발생하는 과산화수소를 catalase가 제거하여 결과적으로 광합성 과정의 자극으로 인해 발생한 산소 유리기가 크게 감소하게 된다^[11]. 생체 내의 이러한 방어기전에 의해 완전히 제거되지 못하는 산소 유리기들은 세포막-양이온 전달체계의 파괴, 수정체 상피세포 내의 핵산(DNA, RNA) 손상 등을 유발하여 백내장을 발생시킬 뿐만 아니라^[6,10-12], 단백질, 지질, 핵산 등의 연쇄적인 파괴 또는 변형을 유발하여 중요한 생리적 기능의 저하, 암의 유발 및 악화, 그리고 노화를 촉진시키는 것으로 알려져 있다^[13-15].

이와 같이 자외선에 의해 생성된 산소유리기가 수정체 상피세포를 손상시켜 수정체 혼탁을 유발하는 작용 기전에 대한 생화학적, 의학적 연구가 심도 있게 진행되고 있고, 이와 더불어 건강에 대한 관심이 커짐에 따라 산소 유리기에 의한 조직 손상과 방어 시스템인 항산화효소에 대한 관심이 집중되고 있다^[16-18]. 따라서 산소유리기의 독성

작용을 방어하는 항산화제의 중요성이 부각되면서 항산화제를 이용한 약품들도 개발되고 있다^[19,20].

적절한 자외선 차단율을 가진 렌즈의 사용에 대한 중요성을 밝히기 위해 이미 UV-A에 세포 내 주요 효소 중의 하나인 ribonuclease A(RNase A)가 자외선에 의해 변성이 되며, UV-A 차단율이 어느 정도가 되어야 이러한 변성이 차단될 수 있는 지에 대한 연구결과가 보고된 바 있다^[21]. 그러나 안구 내에는 많은 종류의 구성 원소들이 존재하며 각기 UV-A에 의해 변성되는 정도가 같지 않을 수 있다. 이에 본 연구에서는 안내에서 생성되는 산소 유리기를 제거하는 항산화효소인 catalase 및 SOD가 UV-A의 노출 정도에 따라 어떻게 변성되는 지를 밝히고, UV-A 차단율이 어느 정도의 렌즈를 착용해야 이러한 변성을 차단할 수 있는 지를 밝히고자 하였다.

실험 재료 및 방법

1. 시약 및 재료

실험에 사용된 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, 그 외의 시약은 특급시약을 사용하였다.

2. 렌즈별 UV-A 차단율 측정

20, 50, 80 및 99% 렌즈를 선별하여 사용하였다. TM-1 spectrometer(TOPCON, Japan)로 안경렌즈의 투과도를 측정하였다.

3. UV-A 노출 조건

2 $\mu\text{g/ml}$ 의 catalase 및 SOD에 산소자유라디칼의 생성을 활성화시키는 5 μM riboflavin을 첨가한 후 자외선 램프(VL-6-LM, Vilber Lourmat, France)를 이용하여 UV-A를 노출하였다. 본 실험에서 사용한 자외선 파장은 365 nm로 효소용액으로부터 20 cm 떨어진 거리에서 노출하였다(에너지효율 9 mW/cm²). 노출시간은 1, 3, 6, 24, 96시간으로 하였으며, UV-A 차단율이 20, 50, 80, 99%로 각기 다른 렌즈로 자외선을 차단하면서 UV-A 차단렌즈를 사용하지 않는 대조군과 비교 실험하였다.

4. 전기영동

Catalase 및 SOD의 변성 여부는 10% SDS 아크릴아미드 겔 전기영동으로 알아보았다. Staining은 coomassie brilliant blue R로 하였으며 molecular weight marker와 비

교하였다^[22].

결과 및 고찰

정상적인 환경에서는 각 세포 내의 대사 및 생합성과 같은 생존을 위한 기본적인 기능 뿐만 아니라 각 세포만의 특유한 기능 발휘를 위해 많은 효소들이 원활하게 안구 내에서 맡은 역할을 다하고 있다. 외부의 자극이나 신체의 다른 부위의 병변에 의해 이러한 효소들의 기능이 저하되면 각 세포들은 고유한 기능을 하지 못할 뿐만 아니라 세포의 피사가 일어나게 된다. 이미 생체 내 대부분의 세포에 존재하는 RNase A가 UV-A에 의해 분해된다는 것을 보고한바 있으며 이러한 변성이 안구 내에서의 효소의 기능에 악영향을 미치리라는 것을 알 수 있었다^[21]. 그러나 안구 내에 존재하는 수많은 효소들의 UV-A에 대한 민감도가 크게 다를 수 있다. 따라서 정확한 UV-A에 대한 병변을 밝히고, 이를 차단할 수 있는 자외선 차단율을 알기 위해서는 다른 주요 효소들에 대한 연구가 필수적이다.

따라서 본 연구에서는 UV와 같은 산화적 자극으로부터 세포를 보호하는 항산화효소인 catalase 및 SOD가 어느 정도의 UV-A에 의해 변성되는 지를 알아보하고자 하였다. 만약 UV-A에 의해 catalase나 SOD가 손상된다면 UV-A 노출 시 발생하는 자유 산소기의 발생양이 급격히 증가하여 다른 효소나 세포조직들을 공격하여 그 폐해가 더 커질 수밖에 없다. 따라서 적절한 차단율의 안경렌즈를 이용하여 catalase와 SOD의 UV-A에 대한 손상을 차단하는 것은 그 의미가 매우 크다.

1. UV-A 노출 시간에 따른 catalase의 변성

UV-A의 노출 시간을 달리하였을 때 안구 내에 존재하는 단백질의 변성 정도를 알아보기 위해 UV-A에 1, 3, 6, 24, 96시간 동안 노출된 catalase를 아크릴아마이드 겔에 전기영동하여 단백질 분해 패턴을 관찰하였다.

UV-A에 노출되지 않은 catalase는 분자량이 약 29,000-66,000 dalton의 넓은 범위에서 band가 관찰되었으며 특히 45,000-66,000 dalton 범위에서 진한 band A가 관찰되었다(Fig. 1a). UV-A를 1시간동안 노출한 후에는 정상적 catalase와 동일한 전기영동패턴을 보였으나(Fig. 1b), 3시간 및 6시간동안 노출하였을 때는 band A가 흐려지기 시작하였으며 6시간 노출 시에는 분자량 20,000 dalton 정도에서 희미한 band C가 관찰되었다(Fig. 1c line 1, 1d line 1). UV-A에 노출한지 24시간 이후 부터는 catalase가 미세하게 분해되어 특징적인 band가 관찰되지 않았을 뿐만 아니라 ng 단위까지 검출되는 brilliant blue 염색으로도 검출되지 않을 만큼 미세하게 분해되었다(Fig. 1e line 1, 1f

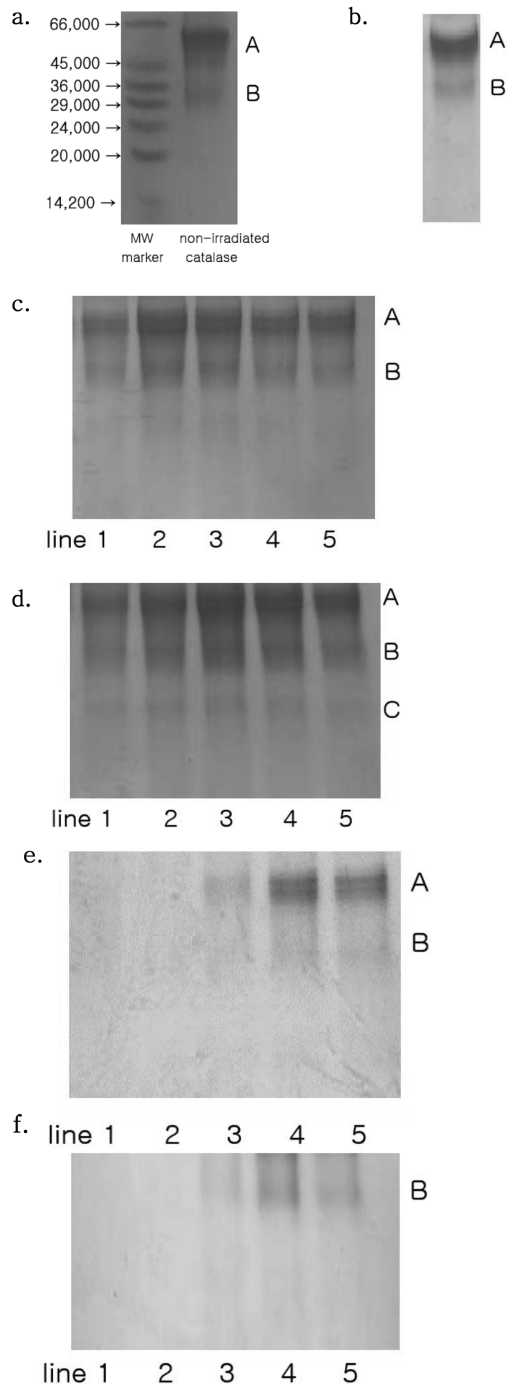


Fig. 1. The effect of lenses on the denaturation of catalase induced by UV-A.

- 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

line 1; catalase irradiated without UV-A blocking, line 2; catalase blocked by lens with 20% UV-A blocking effect, line 3; catalase blocked by lens with 50% UV-A blocking effect, line 4; catalase blocked by lens with 80% UV-A blocking effect, line 5; catalase blocked by lens with 99% UV-A blocking effect

line 1). 이와 같이 UV-A 노출 시간이 길어질수록 catalase의 변성이 더 커짐을 알 수 있었다.

2. Catalase 변성 억제를 위한 적절한 안경렌즈의 UV-A 차단율

UV-A에 대한 catalase의 변성을 차단하는 데 요구되는 최소한의 UV-A 차단율을 밝히기 위해 3, 6, 24, 96시간 동안 catalase를 UV-A에 각각 노출하면서 차단율이 20, 50, 80, 99%인 렌즈로 차단시켜 변성정도를 비교하여 보았다 (Fig. 1).

Catalase를 UV-A에 3시간동안 노출하였을 때 흐려진 band B는 20% 이상의 렌즈에 의해 정상과 유사한 수준으로 변성이 억제되었다(Fig. 1c). 6시간동안 노출하였을 때는 99%의 렌즈로도 band C의 형성이 막아지지 않았다 (Fig. 1d). 24시간 및 96시간동안 UV-A에 노출하였을 때의 Fig. 1e 및 1f의 line 1에서처럼 catalase가 특징적인 band가 관찰되지 않을 정도로 미세하게 분해된 경우, 20% 차단율을 가진 렌즈는 아무런 차단효과가 없었다. 그러나 50% 차단율을 가진 렌즈는 어느 정도 차단효과를 가졌으며, 99%의 차단율을 가진 렌즈는 band A 및 band B의 양이 정상적인 catalase에 비해 다소 감소한 것 외에는 정상과 유사한 전기영동 패턴을 보였다.

3. UV-A 노출 시간에 따른 SOD의 변성

UV-A에 노출되지 않은 SOD를 전기영동하였을 때 14,200-20,000 dalton의 band A와 29,000-36,000 dalton의 band B가 관찰되었다(Fig. 2a). 1시간 및 3시간 동안 노출되었을 때는 UV-A에 노출되지 않은 SOD와 동일한 전기영동 패턴이 관찰되어 3시간 미만의 단시간동안 노출에 의해서는 SOD가 변성되지 않음을 알 수 있었다(Fig. 2b, 2c). 그러나 6시간 동안 UV-A에 노출하였을 때는 band B 부분이 크게 두 개로 갈라지기 시작하였고 36,000-45,000 dalton 범위에서 새로운 band C가 나타났다(Fig. 2d line 1). 24시간 동안 노출 시에는 catalase에서 관찰되었던 것과 마찬가지로 SOD의 미세한 분해가 일어나기 시작하여 선명했던 band A 및 B가 흐려지기 시작하였으며(Fig. 2e line 1), 96시간 동안 노출한 경우는 그 정도가 더 심해졌다(Fig. 2f line 1).

4. SOD 변성 억제를 위한 적절한 안경렌즈의 UV-A 차단율

UV-A에 대한 SOD의 변성을 차단하는 데 요구되는 최소한의 UV-A 차단율을 밝히기 위해 SOD의 변성이 유발되기 시작한 UV-A 노출시간 6, 24, 96시간 동안 SOD에 UV-A를 각각 노출하면서 차단율이 20, 50, 80, 99%인 렌

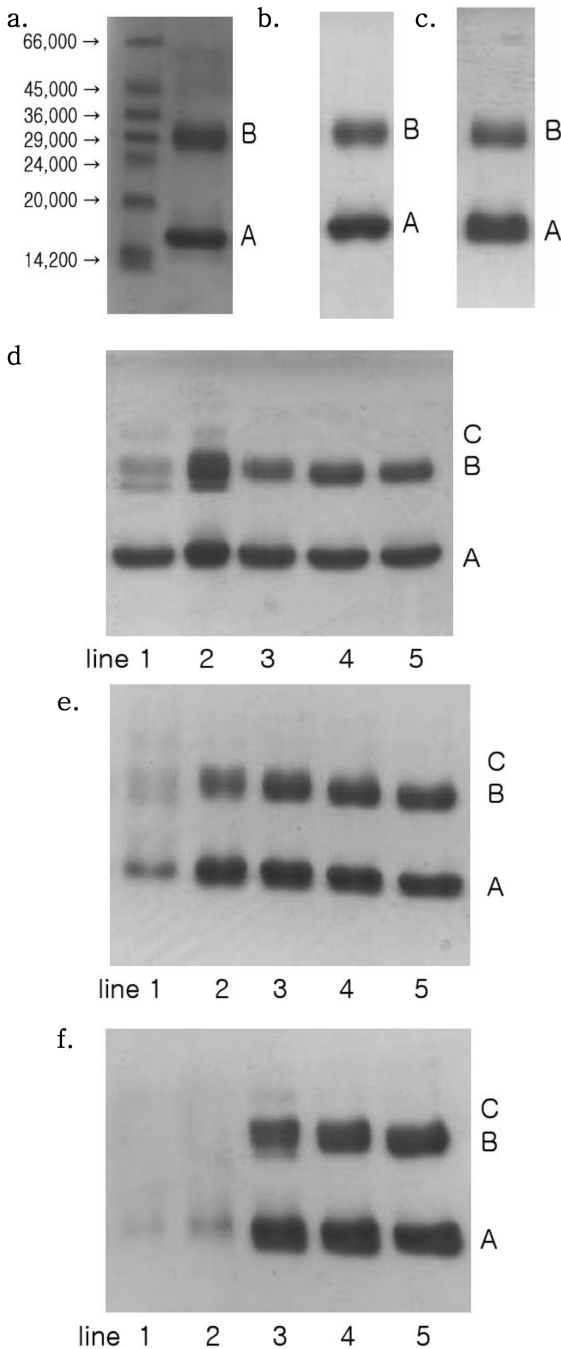


Fig. 2. The effect of lenses on the denaturation of SOD induced by UV-A.

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
 line 1; SOD irradiated without UV-A blocking, line 2; SOD blocked by lens with 20% UV-A blocking effect, line 3; SOD blocked by lens with 50% UV-A blocking effect, line 4; SOD blocked by lens with 80% UV-A blocking effect, line 5; SOD blocked by lens with 99% UV-A blocking effect

스로 차단시켜 변성정도를 비교하였다(Fig. 2).

SOD를 UV-A에 6시간 및 24시간 동안 노출하였을 때 나타나는 band B의 변화와 band C의 변화는 50% 이상의 차단율을 가진 렌즈에 의해 억제되었다(Fig. 2d). 96시간 동안 노출 시에 나타나는 변화는 50%의 렌즈에 의해서 어느 정도 억제가 되었으나 band C가 그대로 형성되는 것으로 보아 SOD의 변성을 막기 위해서는 80% 이상의 UV-A 차단율을 가진 렌즈를 사용하여야 함을 알 수 있었다(Fig. 2f).

5. 안구내 주요 효소별의 변성 차단을 위해 필요한 안경 렌즈의 UV-A 차단율 비교

본 연구에 앞서 안구 내 효소 중의 하나인 RNase A의 UV-A에 의한 변성을 억제하기 위해 필요한 안경렌즈의 UV-A 차단율에 대해 보고한 바 있다⁷⁾. 수많은 효소들이 안구 내에 존재하며 이들 각각은 UV-A에 대한 민감도가 상이할 가능성이 높다. 최대한 많은 효소들의 민감도를 확인하여 적절한 안경렌즈의 UV-A 차단율을 밝히고, UV 차단렌즈의 중요성에 대해 과학적인 의미를 부여하기 위해 RNase A와 catalase 및 SOD의 연구결과를 비교분석하였다.

세 가지 효소들의 UV-A에 대한 민감도는 상이하였다. RNase A는 1시간의 노출에 의해 변성되었으나, catalase는 3시간의 UV-A 노출에 의해, SOD는 6시간의 노출에 의해 변성되었다(Table 1).

1) 20%의 UV-A 차단율을 가진 안경렌즈의 작용

20%의 UV-A 차단율을 가진 안경렌즈로 UV-A를 차단 하였을 때는 노출시간이 1시간으로 미세한 변성이 일어난 RNase A의 경우에만 변성이 완전히 억제되었고 catalase

Table 1. The protecting effect of 20% UV-A protecting lens on the denaturation of proteins by UV-A

Irradiation time	Proteins		
	Catalase	SOD	RNase A*
1 hr	N.D.	N.D.	(++)
3 hr	(+)	N.D.	(-)
6 hr	(+)	(-)	(-)
24 hr	(+)	(-)	(-)
96 hr	(+)	(-)	(-)

N.D.: The denaturation was not detected.

(-): non protection

(+): partial protection

(++): perfect protection

*: data from 박⁷⁾

의 변성에 대해서 부분적인 억제효과만 있었다. 그러나 SOD의 경우는 변성이 나타난 6시간 이상의 노출 시에 20%의 UV-A 차단으로는 아무런 억제효과가 나타나지 않았다(Table 1). 또한 1시간 정도의 노출 시에는 catalase와 SOD는 변성이 유발되지 않았고, RNase A는 20% 렌즈에 의해 완벽하게 차단되므로 1시간 정도의 노출에는 20% 정도만의 UV-A 차단으로도 안전하다는 것을 알 수 있었다.

2) 50%의 UV-A 차단율을 가진 안경렌즈의 작용

50%의 UV-A 차단율을 가진 안경렌즈를 사용하였을 때 RNase A만이 3시간의 노출에 의한 변성이 완전히 억제되었으며, 세 효소들 모두에 있어 96시간까지의 노출에 의해서도 완전히는 아니지만 어느 정도까지는 변성을 억제한다는 것을 확인하였다(Table 2). 그러나 3시간 이상의 UV-A 노출 시에는 50% 정도의 차단율은 어느 정도의 변성이 초래될 수 있다는 것을 알 수 있었다.

Table 2. The protecting effect of 50% UV-A protecting lens on the denaturation of proteins by UV-A

Irradiation time	Proteins		
	Catalase	SOD	RNase A*
1 hr	N.D.	N.D.	(++)
3 hr	(+)	N.D.	(++)
6 hr	(+)	(+)	(+)
24 hr	(+)	(+)	(+)
96 hr	(+)	(+)	(+)

N.D.: The denaturation was not detected.
 (+): partial protection
 (++): perfect protection
 *: data from 박^[7]

Table 3. The protecting effect of 80% UV-A protecting lens on the denaturation of proteins by UV-A

Irradiation time	Proteins		
	Catalase	SOD	RNase A*
1 hr	N.D.	N.D.	(++)
3 hr	(+)	N.D.	(++)
6 hr	(+)	(++)	(+)
24 hr	(+)	(++)	(+)
96 hr	(+)	(++)	(+)

N.D.: The denaturation was not detected.
 (+): partial protection
 (++): perfect protection
 *: data from 박^[7]

3) 80%의 UV-A 차단율을 가진 안경렌즈의 작용

80%의 UV-A 차단율을 가진 안경렌즈를 사용하였을 때 SOD의 변성은 96시간의 노출로 인한 변성도 완벽하게 차단되었다(Table 3). 그러나 catalase는 3시간 이상, RNase A는 6시간 이상의 UV-A 노출로 인하여 어느 정도의 변성이 존재함을 알 수 있었다. SOD의 경우 3시간 이하의 UV-A 노출로는 변성이 유발되지 않아 세 효소 중 가장 UV-A에 대해 안정적이었으며, 50%의 차단으로 장시간의 노출로 발생된 변성이 완벽하게 억제되었다. 반면에 50% 차단렌즈의 효과는 catalase와 RNase A의 경우는 정도의 차이가 있긴 하지만 변성을 완전히 차단하지 못한다는 점에서는 20% 및 50% 차단렌즈와 같았다.

3) 99%의 UV-A 차단율을 가진 안경렌즈의 작용

99%의 UV-A 차단율을 가진 안경렌즈를 사용하였을 때 SOD의 경우는 50% 차단렌즈에서와 마찬가지로 96시간의 노출에 의해서도 완벽하게 변성이 억제되었다(Table 4). Catalase와 RNase A의 경우는 비록 6시간 이상의 노출에 의한 변성은 완벽하게 억제하지는 못했지만 3시간 정도의 노출은 완전히 억제하였다. 즉, 3시간 정도의 노출 시 99%이상의 UV-A 차단율을 가진 안경렌즈를 사용시 세 가지 안구 내 주요 효소의 변성을 완벽하게 차단할 수 있음을 알 수 있었다.

실생활에서 하루에 12시간 이상의 긴 시간동안 UV-A에 노출되는 경우는 없으며, 혈액순환이나 영양공급이 원활한 정상적인 안구에서 UV-A에 의한 단백질의 변성은 어느 정도 회복되게 된다. 그러나 하루에 일정시간 이상 UV-A 노출이 지속적으로 반복되었을 때 수정체와 같이 순환이 원활하지 못한 기관에서는 단백질 변성이 회복되기 어렵게 되어 UV에 대한 영향이 누적되어 나타날 수밖에 없다. 따라서 본 연구결과에서처럼 99% 정도의 UV-A

Table 4. The protecting effect of 99% UV-A protecting lens on the denaturation of proteins by UV-A

Irradiation time	Proteins		
	Catalase	SOD	RNase*
1 hr	N.D.	N.D.	(++)
3 hr	(++)	N.D.	(++)
6 hr	(+)	(++)	(+)
24 hr	(+)	(++)	(+)
96 hr	(+)	(++)	(+)

N.D.: The denaturation was not detected.
 (+): partial protection
 (++): perfect protection
 *: data from 박^[7]

차단이 단기간의 노출에 대해 효과가 있다고 해서 99%의 차단 렌즈를 사용하는 것으로 눈에 대한 피해가 완전히 방지될 수 있다고 단정할 수는 없다. 오히려 99%의 차단 렌즈의 사용은 단기간의 UV-A 노출에 의한 피해를 막기 위한 최적의 조건이 아니라 최소한의 조건이라고 보는 것이 타당할 것이다.

결 론

1. Catalase는 3시간 이상의 UV-A 노출 시에 변성이 일어나기 시작하여 분자량이 약 45,000-66,000 dalton 범위에서 보이는 band A가 미세하게 분해되었다.

2. SOD는 3시간 동안의 UV-A 노출에 의해서도 변성이 유발되지 않았으며, 6시간 이상 노출 시에 변성이 나타나기 시작하였다.

3. 99% 차단렌즈에 의해 3시간 동안의 UV-A 노출에 의한 catalase 변성을 완전히 억제할 수 있었다. 그러나 노출 시간이 길어지거나 차단율이 낮은 렌즈를 사용한 경우, 어느 정도까지는 변성 억제작용은 있었으나 완벽하게 변성을 억제하지는 못하였다.

4. 20% UV-A 차단율을 가진 안경렌즈는 SOD의 변성을 전혀 억제하지 못하였다. 그러나, 50% 차단율을 가진 렌즈는 부분적인 억제 작용을 나타냈다. 또한, 80% 이상의 차단율을 가진 안경렌즈는 UV-A에 의한 SOD의 변성을 완전히 억제하였다.

참고문헌

- [1] Ortwerth BJ, and Olesen PR, "UVA photolysis using the protein-bound sensitizers present in human lens", *Photochem. Photobiol.*, 60(1):53-60(1994).
- [2] Aziz A, Santhoshkumar P, Sharma KK, and Abraham EC, "Cleavage of the C-terminal serine of human alphaA-crystallin produces alphaA1-172 with increased chaperone activity and oligomeric size", *Biochemistry*, 46(9):2510-2519(2007).
- [3] Reichow AW, Citek K, and Edlich RF, "Ultraviolet and short wavelength visible light exposure: why ultraviolet protection alone is not adequate", *J. Long Term Eff. Med. Implants.*, 16(4):315-325(2006).
- [4] Michael R, "Development and repair of cataract induced by ultraviolet radiation", *Ophthalmic Res.*, 32(Suppl 1:ii-iii):1-44(2000).
- [5] Gallagher RP, and Lee TK, "Adverse effects of ultraviolet radiation: A brief review", *Prog. Biophys. Mol. Biol.*, 92(1):119-131(2006).
- [6] Schrader M, and Fahimi HD, "Peroxisomes and oxidative stress", *Biochim. Biophys. Acta.*, 1763(12):1755-1766(2006).
- [7] Pitts DG, Cullen AP, and Hacker PD, "Ocular effect of ultraviolet radiation from 295 to 365 nm", *Invest. Ophthalmol. Vis. Sci.*, 16(10):932-939(1977).
- [8] Hockwin O, and Lerman S, "Clinical evaluation of direct and photosensitized ultraviolet radiation damage to the lens", *Ann. Ophthalmol.*, 14(3):220-223(1982).
- [9] Jose JG, and Pitts DG, "Wavelength dependency of cataracts in albino mice following chronic exposure", *Exp. Eye Res.*, 41(4):545-563(1985).
- [10] Reddy VN, Kasahara E, Hiraoka M, Lin LR, and Ho YS, "Effects of variation in superoxide dismutases (SOD) on oxidative stress and apoptosis in lens epithelium", *Exp. Eye Res.*, 79(6):859-868(2004).
- [11] 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).
- [12] Takai D, Park SH, Takada Y, Ichinose S, Kitagawa M, and Akashi M, "UV-irradiation induces oxidative damage to mitochondrial DNA primarily through hydrogen peroxide: analysis of 8-oxodGuo by HPLC", *Free Radic. Res.*, 40(11):1138-1148(2006).
- [12] Zigmán S, Dartiles M, and Torczynski E, "Sunlight and human cataracts", *Invest. Ophthalmol. Vis. Sci.*, 18:462-467(1979).
- [13] Zetterberg M, Zhang X, Taylor A, Liu B, Liang JJ, and Shang F, "Glutathiolation enhances the degradation of gammaC-crystallin in lens and reticulocyte lysates, partially via the ubiquitin-proteasome pathway", *Invest. Ophthalmol. Vis. Sci.*, 47(8):3467-3473(2006).
- [14] Truscott RJ, "Age-related nuclear cataract-oxidation is the key", *Exp. Eye Res.*, 80(5):709-72 (2005).
- [15] Said T, Dutot M, Martin C, Beaudeau JL, Boucher C, Enee E, Baudouin C, Warnet JM, and Rat P, "Cytoprotective effect against UV-induced DNA damage and oxidative stress: role of new biological UV filter", *Eur. J. Pharm. Sci.*, 30(3-4):203-210(2007).
- [16] Zoric L, Miric D, Milenkovic S, Jovanovic P, and Trajkovic G, "Pseudoexfoliation syndrome and its antioxidative protection deficiency as risk factors for age-related cataract", *Eur. J. Ophthalmol.*, 16(2):268-273(2006).
- [17] Siu AW, Maldonado M, Sanchez-Hidalgo M, Tan DX, and Reiter RJ, "Protective effects of melatonin in experimental free radical-related ocular diseases", *J. Pineal Res.*, 40(2):101-109(2006).
- [18] Li W, Wei CV, White PJ, and Beta T, "High-amylose corn exhibits better antioxidant activity than typical and waxy genotypes", *J. Agric. Food Chem.*, 55(2):291-298(2007).
- [19] Al-Dabbas MM, Kitahara K, Suganuma T, Hashimoto F, and Tadera K, "Antioxidant and alpha-amylase inhibitory compounds from aerial parts of *Varthemia iphionoides* Boiss", *Biosci. Biotechnol. Biochem.*, 70(9):2178-2184(2006).
- [20] Dinda B, Debnath S, and Harigaya Y, "Naturally occur-

ring secoiridoids and bioactivity of naturally occurring iridoids and secoiridoids. A review, part 2", *Chem. Pharm. Bull.*, 55(5):689-728(2007).

[21] 박영민, 박충서, 이흠숙, 박미정, "UV-A로 유발된 RNase A의 변성에 대한 UV 차단렌즈의 작용", *한국안광학회지*, 12(1):9-15(2007).

[22] 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).

The Effect of UV Blocking Lens on the Denaturation of Antioxidative Enzymes Induced by UV-A

Chung-Seo Park, Young-Min Park, Dae-Hyun Kim and Mijung Park

Department of Visual Optics, Seoul National University of Technology

(Received May 29, 2007; Revised manuscript received June 30, 2007)

This study was investigated to find the proper UV-A blocking percentage that could protect the denaturation of catalase and superoxide dismutase (SOD), antioxidative enzymes in eye, induced by UV-A. Catalase or SOD were irradiated at 365 nm for 1, 3, 6, 24, 96 hr and the extent of denaturation was evaluated by polyacrylamide gel electrophoresis. Furthermore, it was investigated whether blocking of UV-A by 20, 50, 80 and 99% eyeglass lens could protect the denaturation of catalase and SOD or not. Catalase became to denature when catalase were irradiated by UV-A for more than 3 hours. However, the denaturation of SOD was induced by more than 6 hours irradiation. The denaturation of catalase induced by irradiation for 3 hr could be perfectly protected by 99% UV-A blocking lens. But, when the irradiation time became longer than 3 hr or the blocking percentage of lens were lower than 99%, the denaturation of catalase was not perfectly protected but partially protected. Although 50% UV-A blocking lens had partial protecting effects, lenses having 80 or 99% UV-A blocking effect could perfectly prevent the denaturation of SOD induced by 96 hr irradiation.

Key words: UV-A exposure, eyeglass lens, UV-A blocking percentage, catalase, superoxide dismutase, enzyme denaturation