

각막 내 효소의 변성을 억제하는 안경 렌즈의 UV-B 차단율

김소라, 이지희, 최정임, 박미정*

서울과학기술대학교 안경광학과, 서울 139-743

투고일(2013년 8월 5일), 수정일(2013년 9월 2일), 게재확정일(2013년 9월 14일)

목적: 본 연구에서는 안구 내에 존재하는 효소들의 변성을 차단할 수 있는 안경렌즈의 UV-B 차단율을 밝히고자 하였다. **방법:** RNase A와 catalase, superoxide dismutase(SOD)를 1, 3, 6, 24, 96시간 동안 312 nm의 UV-B에 노출 시킨 후 아크릴아미드 겔 전기영동법으로 손상 정도를 확인하였다. 또한, 50%, 80%, 95%, 99%의 UV-B 차단율을 가진 안경렌즈의 효소 손상 억제 효과를 알아보았다. **결과:** RNase A는 1시간 동안 UV-B의 노출에서 손상이 유발 되었으며 1시간 이상 6시간 이하의 노출에 의한 효소의 손상을 막기 위해서는 95%, 24시간 이상 96시간 이하의 노출에는 99% UV-B 차단 렌즈가 효소의 손상을 완벽하게 억제하였다. Catalase는 UV-B에 대한 1시간 이하의 노출에는 영향을 받지 않아 아무런 변성이 발생하지 않았고, 3시간 이상 6시간 이하의 단시간 노출에서는 50% 이상의 UV-B 차단 렌즈, 24시간 이상 96시간 이하의 장시간 노출에는 95% 이상 UV-B 차단 렌즈로 효소의 변성을 완벽하게 억제할 수 있었다. SOD는 6시간 이하의 노출에는 손상되지 않았고, 24시간 정도의 노출에서도 50% 차단 렌즈로 효소 손상을 억제할 수 있었다. 그러나 96시간 UV-B에 노출될 경우는 95% 이상의 차단율을 가진 안경렌즈에 의해 SOD의 손상이 완벽하게 억제되었다. **결론:** 본 연구에서는 UV-B 노출에 의한 효소의 변성을 억제하기에 적절한 안경렌즈 차단율은 각 효소마다 상이하였으며 일정 수준 이상의 UV-B 차단율을 가진 경우에만 효과가 있음을 밝혔다.

주제어: 안경렌즈, UV-B, RNase A, catalase, superoxide dismutase

서 론

자외선은 320~400 nm의 UV-A, 286~320 nm의 UV-B, 200~286 nm의 UV-C로 나뉜다. 각막에서는 200~300 nm 파장대의 자외선이 흡수되고 각막에서 투과된 300~400 nm 파장대의 자외선은 수정체에서 흡수된다.^[1] 특히 UV-B는 각막까지 흡수되는 짧은 파장이지만 에너지가 강하여 각막 손상이나 설맹, 심한 경우 각막 화상을 유발하여 시력 저하의 원인이 될 수 있다. 또한, UV-B에 장시간 노출될 경우 각막 실질이 손상되어 영구적으로 실명될 수도 있다.^[1-4]

피부나 눈에 대한 자외선의 해로움 때문에 기상청에서는 자외선 지수를 예보하고 있다. 특히 오존층(O₃)의 파괴로 자외선의 위협에 노출될 확률은 점점 높아지고 있기 때문에 이에 대한 심각성이 나날이 증가하고 있다. 자외선은 안구 조직의 산화를 유발한다. 자외선에 의해 발생한 활성산소(reactive oxygen species, ROS)가 산화성 손상을 유발하여 각막 및 수정체와 같은 안구 조직의 손상을 유발하며 분자 범위에서의 산화작용으로 인해 DNA가 손상되게 된다.^[5-7]

야외에서는 일반 안경렌즈보다 착색된 렌즈나 선글라스가 보다 많은 자외선을 차단한다. 그러나 일상생활에 항상 선글라스를 착용하기에는 무리가 있으므로 착색되지 않은 안경렌즈에 자외선 차단 코팅을 함으로써 시력 보정 효과를 얻는 동시에 자외선 차단효과를 가지는 렌즈가 개발되어 왔다. 미국 국가 표준 기구(American National Standards Institute, ANSI)는 미용목적 선글라스의 UV-B 차단율은 70%, UV-A 차단율은 60% 이상, 일반적인 목적의 선글라스는 각각 95%, 60% 이상, 특수목적의 선글라스는 각각 99%, 60% 이상으로 선글라스의 사용목적에 따른 각기 다른 자외선 차단율을 권장하고 있다.^[8] 실제로 안경렌즈는 여러 가지 종류의 코팅을 하게 되고 이러한 코팅시 사용된 자외선 흡수제에 의해 UV-A는 거의 99% 차단된다.^[9]

UV-A에 의한 안구 내 효소들의 손상을 차단하기 위해 필요한 안경 렌즈의 UV-A 차단율에 대한 연구는 이미 보고된 바 있다.^[10,11] 그러나 UV-B는 어느 정도의 노출 시간 동안 얼마만큼의 효소변성을 일으키는지에 대해서는 연구된 바가 없어 본 연구에서는 생체 내에 존재하는 효소들의 UV-B 노출 시간에 따른 변성 정도를 알아보려고 하였다. 또한, 이러한 효소 변성을 차단할 수 있는 안경렌즈의

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

UV-B 차단율을 알아보고 이미 발표된 바 있는 UV-A 차단율과 비교하여 안경렌즈의 적절한 자외선 차단율을 제시하고자 하였다.

대상 및 방법

1. 시약 및 재료

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

2. 렌즈별 UV-B 차단율 측정

50%, 80%, 95% 및 99% UV-B 차단 렌즈는 분광기(TM-1 spectrometer, TOPCON, Japan)를 이용하여 투과도를 측정하여 선별하였다.

3. UV-B 노출조건

2 µg/mL의 RNase A, catalase 및 SOD에 산소자유라디칼(free radical)의 생성 활성화제인 5 µM riboflavin와 함께 자외선 램프(VL-6-LM, Vilber Lourmat, France)를 이용하여 312 nm 파장대의 UV-B를 노출하였다. UV-B는 20 cm 떨어진 거리에서(에너지 효율 9 mW/cm²) 1, 3, 6, 24, 96시간 동안 노출하였다. UV-B 차단율이 50%, 80%, 95%, 99%인 안경 렌즈를 사용하였고 UV-B에 노출이 되지 않은 대조군과 UV-B 차단효과를 비교하였다.

4. 전기영동

10% SDS 아크릴아미드 겔 전기영동으로 RNase A, catalase 및 SOD 변성 여부를 알아보았다. 겔 염색에는 coomassie brilliant blue R을 사용하였다.^[12]

결과 및 고찰

1. 안경렌즈의 UV-B 차단효과에 따른 각막 내 효소 변성

1) RNase A의 손상을 막는 안경렌즈의 UV-B 차단율

RNase A를 1, 3, 6, 24, 96 시간동안 UV-B에 노출시킨 후 전기영동 패턴을 분석하였다(Fig. 1). UV-B에 노출되지 않은 RNase A 대조군은 분자량 14,200~20,000 사이에 band A 및 B가 나타났다. RNase A를 UV-B에 1시간 동안 노출시켰을 때는 대조군과 큰 차이는 없었으나 분자량 29,000~36,000 사이에서 band C가 희미하게 관찰되어 손상이 유발되기 시작하였다는 것을 알 수 있었다. UV-B에

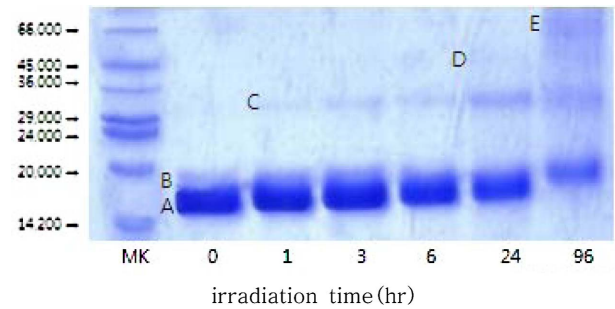


Fig. 1. The denaturation of RNase A depending on UV-B irradiation time.

MK; Molecular weight marker

3, 6시간동안 노출시켰을 때는 band C가 확연히 진해졌으며, 24시간동안 노출시켰을 때는 분자량 45,000 부근에서 band D가 나타났으며, band A와 band B의 경계가 불분명해지고 양도 감소하였다. 또한, 96시간동안 노출되었을 때는 대조군과 24시간 노출된 효소까지 뚜렷하게 관찰되었던 band A가 사라지고 band B는 진하고 굵게 관찰되었으며 band C 및 D와 함께 24시간 이하에서 나타나지 않았던 band E가 분자량 66,000 부근에서 관찰되었다.

RNase A를 UV-B 차단율 50%, 80%, 95%, 99% 렌즈로 각각 차단하고 1, 3, 6, 24, 96시간동안 UV-B에 노출시킨 후 전기영동 패턴을 분석하여 UV-B 차단 렌즈의 효과를 알아보았다. 1시간 노출된 RNase A는 대조군과 전체적으로 전기영동 패턴이 비슷하여 50%, 80%, 95%, 99% UV-B를 차단하는 안경렌즈에 의해 자외선에 의한 변성이 양호하게 억제됨을 알 수 있었다(Fig. 2a). 각각 3, 6시간 동안 50% 및 80% 렌즈로 차단하에서 UV-B에 노출된 RNase A는 band C가 UV-B를 차단하지 않은 RNase A의 band C보다는 연하지만 95% 및 99%의 band C보다 진한 것으로 보아 50% 및 80% UV-B를 차단하는 안경렌즈는 UV-B에 의한 효소의 손상을 어느 정도 차단하기는 하나 효과적으로 억제하지는 못했음을 알 수 있었다(Fig. 2b, 2c). 50%, 80%, 95% 차단 렌즈 하에서 각각 24시간, 96시간 UV-B에 노출된 RNase A는 band C가 99%의 band C보다 진한 것으로 보아 50%, 80%, 95% UV-B 차단 렌즈는 99% 차단 렌즈에 비해 효소 손상 억제 효과가 떨어지나, 자외선을 차단하지 않은 효소에 뚜렷하게 나타난 band D가 많이 사라진 것으로 보아 UV-B로부터 유발되는 효소의 손상을 어느 정도 차단하고 있음을 알 수 있었다(Fig. 2d, 2e).

2) Catalase의 손상을 막는 안경렌즈의 UV-B 차단율

Catalase를 1, 3, 6, 24, 96시간동안 UV-B에 노출시켜 전기영동 패턴을 분석하였다(Fig. 3). UV-B에 노출되지 않은

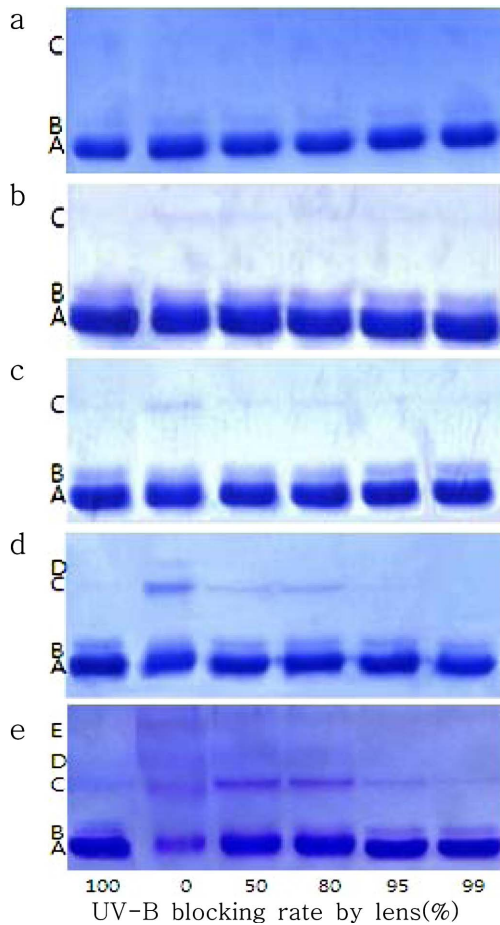


Fig. 2. The effect of lenses on the denaturation of RNase A induced by UV-B.

- a. RNase A irradiated for 1 hr
- b. RNase A irradiated for 3 hr
- c. RNase A irradiated for 6 hr
- d. RNase A irradiated for 24 hr
- e. RNase A irradiated for 96 hr

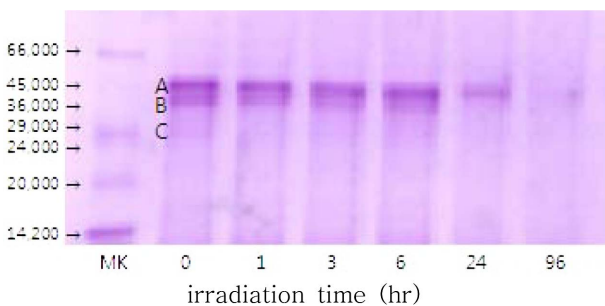


Fig. 3. The denaturation of catalase depending on UV-B irradiation time.

MK; Molecular weight marker

catalase 대조군은 분자량 45,000 부근에서 band A가, 분자량 36,000~45,000 사이에서 band B가, 분자량 24,000~36,000 사이에서 band C가 희미하게 나타났다. UV-B에 1시간 노출된 catalase는 대조군과 거의 비슷한 패턴이 나타나 catalase는 UV-B에 1시간 노출되었을 때 손상을 거

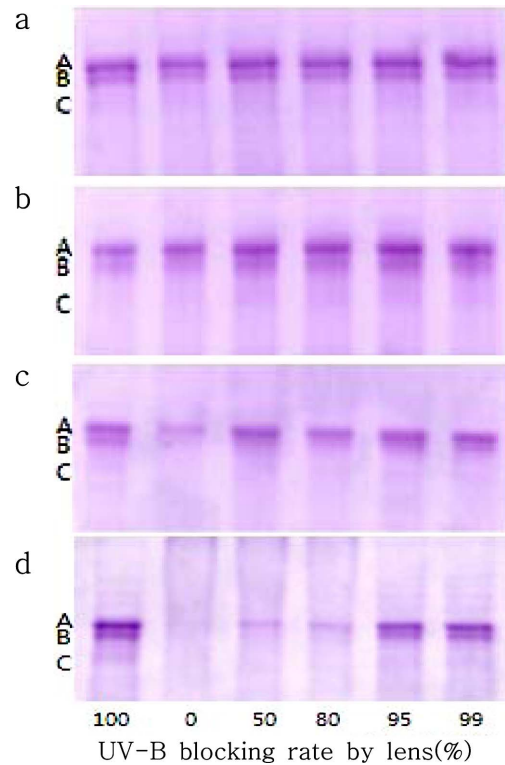


Fig. 4. The effect of lenses on the denaturation of catalase induced by UV-B.

- a. catalase irradiated for 3 hr
- b. catalase irradiated for 6 hr
- c. catalase irradiated for 24 hr
- d. catalase irradiated for 96 hr

의 받지 않는다는 것을 알 수 있었다. UV-B에 3시간 및 6시간 노출된 catalase는 band B의 경계가 흐려져 있었으며 24시간 동안 UV-B에 노출된 catalase는 band B가 관찰되지 않았고 band C의 경계도 불분명해졌으며 band A도 1, 3, 6시간 정도의 짧은 시간 동안 UV-B에 노출된 catalase에 비해 경계선이 희미할 뿐만 아니라 전체적으로 매우 연한 band로 나타났다. 96시간 동안 UV-B에 노출된 catalase는 더욱 현저하게 변성이 진행되어 band A, B, C 모두 식별이 어려울 정도로 연하게 나타났고 단 하나의 band도 경계선이 뚜렷하게 관찰되지 않았다.

UV-B 차단율 50%, 80%, 95%, 99% 렌즈로 차단하였을 때 UV-B에 의한 catalase의 변성 감소 여부를 알아보았다. Catalase가 UV-B에 1시간 노출되었을 때는 변성이 유발되지 않아 3, 6, 24, 96시간 동안 노출되었을 때의 차단효과를 비교하여 보았다.

1시간동안 UV-B에 노출된 catalase는 대조군과 동일한 패턴을 보여 UV-B에 의해 거의 영향을 받지 않았다(Fig. 4a). 3시간 및 6시간 동안 UV-B에 노출되었을 때는 band A와 band B의 경계가 희미하고 얇아졌으나(Fig. 4b, 4c), 50% 이상의 차단율을 가진 렌즈를 사용하였을 때는 대조

군의 band B와 유사한 모양을 나타내어 렌즈에 의해 효소의 손상이 양호하게 억제되었음을 알 수 있었다. 24시간 동안 UV-B에 그대로 노출된 catalase (Fig. 4d)는 심한 변성이 유발되어 band A만 흐릿하게 관찰할 수 있었고 band B, C는 관찰할 수 없었다. 50% 및 80% 차단 시에는 band A가 비교적 뚜렷하게 관찰되었으나 band B, C는 거의 남아있지 않았고 경계 또한 아주 불분명했다. 반면 95% 및 99% 차단 시에는 대조군과 비슷한 모양의 band A, B, C를 관찰할 수 있어 효소의 손상을 효과적으로 억제했음을 알 수 있었다. 96시간동안 UV-B에 노출되었을 때 단 하나의 뚜렷한 band를 관찰할 수 없을 정도로 심각하게 효소의 손상이 일어났다(Fig. 4e). 50% 및 80% 차단 렌즈를 사용하였을 때 band B, C는 전혀 관찰되지 않았으나 band A는 관찰되어 효소의 손상이 어느 정도 억제되었음을 알 수 있었다. 95% 및 99% 차단 렌즈를 사용하였을 때 band A가 진하고 경계도 확실해졌으며 대조군에서 관찰되었던 band C도 관찰되어 95% 및 99% 차단율을 가진 렌즈는 매우 효과적으로 효소의 손상을 억제한다는 것을 알 수 있었다.

3) SOD의 손상을 막는 안경렌즈의 UV-B 차단율

SOD를 1, 3, 6, 24, 96시간동안 UV-B에 노출시켜 전기영동 패턴을 분석하였다(Fig. 5). UV-B에 노출되지 않은 SOD 대조군은 분자량 20,000부근에서 band A가, 분자량 29,000부근에서 band B가 관찰되었다. UV-B에 1, 3, 6시간 동안 노출된 SOD도 대조군과 매우 유사한 패턴을 보여 효소의 변성이 거의 일어나지 않았다는 것을 알 수 있었다. UV-B에 24시간 동안 노출된 SOD는 band B의 모양이 뚜렷하지 않고 경계선이 희미하여 아래위로 퍼져있는 것으로 보아 효소의 상당한 손상이 유발되었음을 알 수 있었으며, 96시간 노출된 SOD는 band가 전혀 관찰되지 않아 심각한 손상이 일어났음을 알 수 있었다.

UV-B 차단율 50%, 80%, 95%, 99% 렌즈로 차단하였을

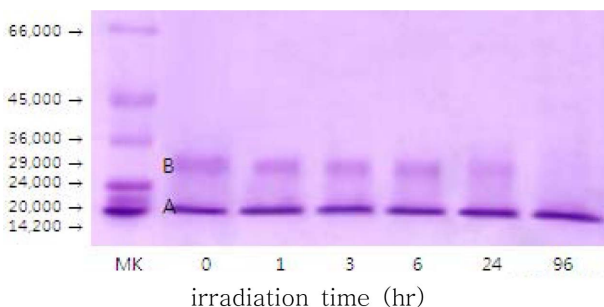


Fig. 5. The denaturation of SOD depending on UV-B irradiation time. MK; Molecular weight marker

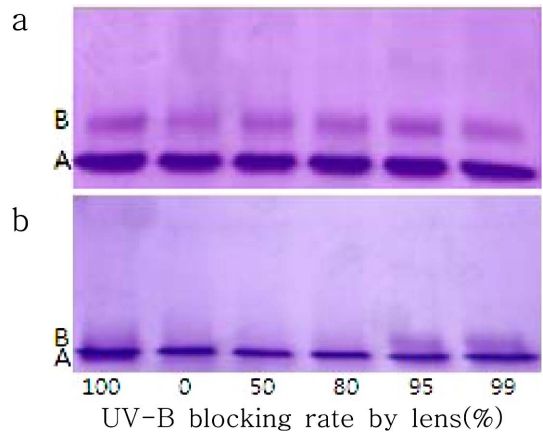


Fig. 6. The effect of lenses on the denaturation of SOD induced by UV-B. a. catalase irradiated for 24 hr b. catalase irradiated for 96 hr

때 UV-B에 의한 SOD의 변성 감소 여부를 알아보았다. SOD가 UV-B에 1, 3, 6시간 노출되었을 때는 변성이 유발되지 않아 24시간 및 96시간 동안 노출되었을 때의 차단 효과를 비교하여 보았다. 24시간 노출되었을 때 band B가 대조군의 band B보다 흐리고 경계도 불분명해졌으나 50%, 80%, 95%, 99% 차단 렌즈를 사용하였을 때 대조군의 band B와 매우 유사하여 효소의 손상이 효과적으로 억제되었음을 알 수 있었다(Fig. 6a). 96시간동안 노출된 SOD는 50% 및 80% 차단 렌즈를 사용하였을 때도 band B가 사라져 있어 효소 손상을 차단하지 못함을 알 수 있었다. 그러나 95% 및 99% 차단 렌즈를 사용하였을 때는 대조군의 band B와 유사한 진하기로 관찰되어 장시간의 UV-B 노출에도 효소의 손상이 억제되고 있음을 알 수 있었다.

2. UV-A와 UV-B에 의한 효소변성 차단 효과 비교

UV-A와 UV-B에 대한 노출시간과 안경렌즈의 차단율에 따른 세 가지 효소의 변성정도를 비교해 보았다. UV-A에 노출되었을 때의 효소 변성 결과는 이미 발표된 논문의 데이터^{7, 10)}를 참조하여 비교하였다. UV-A 노출 연구는 사용한 안경렌즈의 차단율이 20, 50, 80, 99%였던 반면 본 연구의 UV-B 노출 연구는 20% 차단렌즈 대신 95% 차단 렌즈를 연구대상으로 하였다.

1) 자외선의 노출 시간에 따른 각막 내 효소의 손상

RNase A, catalase, SOD 세 가지의 항산화효소가 동일한 환경에서 자외선에 노출되었을 때, 효소들 마다 변성이 유발되는 자외선 노출 시간이 상이하였다(Table 1). 즉, RNase A의 경우는 1시간 정도의 자외선 노출에 의해서도 변성이 일어난 반면에 catalase는 3시간 만에 손상되었다.

Table 1. The initiation time of enzyme denaturation induced by UV-A and UV-B irradiation

| Enzyme | Initiation time(h) | |
|----------|--------------------|-------------------|
| | UV-B | UV-A [†] |
| RNase A | 1 | 1 |
| Catalase | 3 | 3 |
| SOD | 24 | 6 |

[†]Data from Park^[10,11]

SOD는 3시간의 자외선 노출로는 변성이 일어나지 않으며 6시간 이상의 노출에 의해서 손상이 유발된 것으로 분석되었다.

또한, 효소에 따라서는 자외선 파장에 의한 차이도 나타났다. RNase A와 catalase는 자외선 파장에 따른 효소의 변성 시간에 차이가 없었으나 SOD는 UV-A에 의해서는 6시간의 노출로 손상이 유발된다고 보고된 반면 UV-B는 24시간 노출 시에 손상이 유발되었다.

2) RNase A 손상을 막는 안경렌즈의 자외선 차단율

1시간 정도의 단시간 UV-B 노출에 의한 RNase A의 손

상은 차단율이 50%인 렌즈로도 완벽하게 억제되었다. 3시간 동안의 UV-B 노출에 의한 손상을 차단하기 위해서는 80%이상의 차단율을 가져야 했으며 6시간 동안의 노출에 의한 손상을 차단하기 위해서는 95% 이상의 차단율을 가져야 했다. 그러나 24시간 이상의 장시간 노출에서는 99% 차단율을 가진 렌즈만이 효소의 손상을 양호하게 차단할 수 있었다(Table 2).

반면 UV-A에 대해 RNase A의 손상을 막는 것은 상대적으로 어려워 99% UV-A를 차단하는 안경렌즈로도 6시간 이상의 노출에 대해서 효소의 손상을 완벽하게 막을 수 없었다고 보고되었다(Table 2).

3) Catalase의 손상을 막는 안경렌즈의 자외선 차단율

6시간 이하의 UV-B 노출에 의한 catalase의 손상은 차단율이 50% 정도인 렌즈로도 완벽하게 억제되었으나 24시간 이상의 노출에 의한 손상은 95% 이상의 차단율을 가진 렌즈만이 손상을 억제하였다(Table 2).

UV-A의 경우에는 3시간의 노출로 유발된 효소의 손상은 99% 차단율을 가진 렌즈에 의해서만 완벽하게 억제되었으며 6시간 이상의 노출시에는 99% 차단 안경렌즈로도 완벽하게 억제되지 않는 것으로 보고되었다(Table 2).

Table 2. The relationship between UV-B blocking rate of lenses and irradiation time on the denaturation of enzymes

| Enzyme | Irradiation time(h) | UV-B blocking rate(%) | | | | UV-A blocking rate(%) [†] | | | |
|----------|---------------------|-----------------------|------|------|------|------------------------------------|------|------|------|
| | | 50 | 80 | 95 | 99 | 20 | 50 | 80 | 99 |
| RNase A | 1 | (++) | (++) | (++) | (++) | (++) | (++) | (++) | (++) |
| | 3 | (+) | (+) | (++) | (++) | (-) | (++) | (++) | (++) |
| | 6 | (+) | (+) | (++) | (++) | (-) | (+) | (+) | (+) |
| | 24 | (+) | (+) | (+) | (++) | (-) | (+) | (+) | (+) |
| | 96 | (+) | (+) | (+) | (++) | (-) | (-) | (+) | (+) |
| Catalase | 1 | N.D. | N.D. | N.D. | N.D. | N.D. | N.D. | N.D. | N.D. |
| | 3 | (++) | (++) | (++) | (++) | (+) | (+) | (+) | (++) |
| | 6 | (++) | (++) | (++) | (++) | (+) | (+) | (+) | (+) |
| | 24 | (+) | (+) | (++) | (++) | (+) | (+) | (+) | (+) |
| | 96 | (+) | (+) | (++) | (++) | (+) | (+) | (+) | (+) |
| SOD | 1 | N.D. | N.D. | N.D. | N.D. | N.D. | N.D. | N.D. | N.D. |
| | 3 | N.D. | N.D. | N.D. | N.D. | N.D. | N.D. | N.D. | N.D. |
| | 6 | N.D. | N.D. | N.D. | N.D. | (-) | (+) | (++) | (++) |
| | 24 | (++) | (++) | (++) | (++) | (-) | (+) | (++) | (++) |
| | 96 | (-) | (-) | (++) | (++) | (-) | (+) | (++) | (++) |

N.D.: The denaturation was not detected.

(-): non protection

(+): partial protection

(++): perfect protection

[†]Data from Park^[10,11]

4) SOD의 손상을 막는 안경렌즈의 자외선 차단율

UV-B를 50% 차단하는 렌즈로도 24시간 노출에 의한 SOD의 손상을 완벽하게 억제할 수 있었다. 그러나 96시간 동안 UV-B에 노출된 SOD는 80% 이하의 차단율을 가진 렌즈로는 손상을 억제하는 효과가 전혀 없었으며 95% 이상의 차단율을 가진 렌즈는 완벽하게 억제하였다(Table 2).

반면 UV-A에 6, 24, 96시간 동안 노출되었을 때 유발되는 SOD의 손상은 20% 차단율을 가진 렌즈는 억제효과가 전혀 없었고, 50% 차단율을 가진 렌즈는 부분적인 억제효과가, 80% 이상의 차단율을 가진 렌즈에 의해서는 완벽한 억제효과가 나타났다고 보고되었다(Table 2).

이상에서와 같이 본 연구 결과와 박 등^[11,12]의 연구결과를 종합하여 본 결과, 6시간 이하의 시간동안 UV-B에 노출되어 유발되는 RNase A의 손상을 막기 위해서는 UV-B 차단율 95% 이상의 안경렌즈가 적절하였으며 catalase는 50% 이상의 안경렌즈가 효과적이었다. SOD는 6시간의 UV-B의 노출에 의해서 손상이 유발되지 않았다. 24시간 이상의 UV-B 노출에 의한 손상을 막기 위해서는 RNase A의 경우는 99% 차단율 렌즈가, catalase와 SOD는 95% 이상의 차단율 렌즈가 적절하였다. UV-A의 경우는 3시간 이하의 단시간동안의 노출에 의해 유발되는 손상을 막기 위해 RNase A는 50% 차단율 렌즈, catalase는 99% 차단율을 렌즈가 필요하였으며 SOD는 3시간의 UV-A의 노출에 의해서 손상이 유발되지 않았다. 또한, 6시간의 UV-A 노출에 의해서는 RNase A 및 catalase 모두 99% 차단율 렌즈에 의해서 부분적인 손상 억제효과가 있었으나 완벽한 억제효과를 가지지 못한다고 하였다. SOD의 경우는 6시간 이상부터 96시간까지의 UV-A 노출에 의한 손상이 80% 차단율 렌즈로 완벽하게 억제되는 것으로 나타났다고 보고되었다.

본 연구의 실험 대상인 효소 중 RNase A는 DNA 합성 초기에 만들어진 불필요한 RNA 제거에 중요한 역할을 하며^[13] catalase와 SOD는 항산화 효소이다.^[14-19] 빛에 의해 수산화기를 가진 단일 산소분자 O₂를 포함하는 활성산소(reactive oxygen species, ROS)가 발생하게 되고 ROS는 세포고분자의 산화성 변형을 유발한다. 안구 내 조직은 SOD와 catalase같은 항산화효소를 가지고 있어 ROS에 대해 방어 작용을 하게 된다. SOD는 superoxide anion을 제거하여 세포내에 과산화수소(H₂O₂)가 축적되는 것을 막아 세포를 보호한다. Superoxide anion은 SOD의 작용에 의해 산소와 독성물질인 과산화수소로 바뀌고 여기서 생성된 과산화수소는 catalase에 의해 분해된다. 즉, catalase는 과산화수소 분해를 촉진하는 항산화작용의 필수적인 효소이다. 본 연구 결과에서처럼 자외선에 의해 catalase가 손상되어 활성이 저해되게 되면 안구 내 과산화수소가 증가하

게 되고, 결과적으로 산화방지체계가 장기적인 불균형에 빠지게 된다.^[14-19]

유 등^[9]의 연구에서는 안경렌즈 재질 중 CR-39와 같이 일반 굴절률 렌즈가 자외선 차단 처리가 되지 않았을 때 UV-A 투과율은 11.29~72.42%, 자외선 차단 처리가 되었을 때는 0.08%, 유리 재질의 UV-A 투과율은 11.41%, 중굴절률, 고굴절률 및 착색렌즈는 0.02%~0.18% 범위에 있다고 하였다. 또한, UV-B 파장에서는 플라스틱 렌즈는 0.10% 이하의 투과율을 가지고 있으나 자외선 차단 처리가 되지 않은 CR-39 렌즈는 UV-B 투과율이 14.98%라고 보고하였다.

현재 시판되고 있는 많은 렌즈들이 자외선 차단 처리가 된 경우는 3시간 정도의 자외선 노출로는 크게 우려할 만한 RNase A, catalase, SOD의 변성이 유발되지는 않을 것으로 보인다. 그러나 6시간 동안의 자외선 노출에 의한 catalase의 손상이 99% 차단율을 가진 렌즈에 의해서도 완벽하게 억제되지 않았으므로 가능한 자외선 차단율이 높은 렌즈를 선택하는 것이 필요하리라 사료된다. 또한, 문 등^[20]의 연구에서 안경렌즈 코팅의 시각에 의해서 무코팅 렌즈와 비슷한 수준의 광투과율을 보임을 밝힌 바 있어 실무현장에서 코팅막을 식각하고, 염색하는 과정에서 자외선 차단율에 영향을 미칠 가능성이 크며 그로 인하여 예상치 못한 효소들의 손상이 유발될 수 있을 것으로 생각된다.

또한, 일상의 생활에서 하루에 12시간 이상 자외선에 노출되는 경우는 드물다. 그러나 매일 일정 시간 이상 자외선에 반복적으로 노출 시에는 효소들의 변성이 회복되지 못한 채 다시 손상되는 일이 반복될 것이며 이로 인해 심각한 손상이 유발될 수 있을 것이다. 따라서 적절한 UV 차단율을 가진 렌즈의 선택에 대한 보다 깊은 관심이 필요할 것으로 보인다.

결 론

일반적으로 자외선 차단 효과가 있는 안경 렌즈를 사용 시에 우리 눈에 미치는 자외선에 의한 손상을 상당부분 차단할 수 있다고 생각해 왔으나 실제로 어느 정도 이상의 차단율이 필요한 지에 대해서는 학술적으로 명확하게 제시된 연구 결과는 드물다. 본 연구에서는 UV-B로 인해 유발되는 RNase A의 손상은 99% 이상 UV-B를 차단하는 안경렌즈로, catalase와 SOD의 손상은 95% 이상 UV-B를 차단하는 안경렌즈로 양호하게 억제할 수 있었다. 이러한 결과는 UV-B의 노출에 의해 유발되는 안구 내 효소들의 손상 정도를 밝히고 손상을 차단할 수 있는 안경렌즈의 자외선 차단율을 제시하였다. 또한, 이미 발표된 바 있는

UV-A에 대한 안경렌즈의 자외선 차단율을 비교하여 안구 내 효소의 손상을 억제하기 위해 몇 %의 자외선 차단율을 가진 렌즈가 필요한가에 대한 답을 제시하였다.

감사의 글

본 연구는 2013년 서울과학기술대학교 교내 연구비의 지원으로 수행되었습니다.

The study was supported by Seoul National University of Science and Technology.

REFERENCES

- [1] Gallagher RP, Lee TK. Adverse effects of ultraviolet radiation : a brief review. *Prog Biophys Mol Biol.* 2006;92(1): 119-131.
- [2] McCullough EC, Fullerton GD. Potential eye hazards of sunglasses. *Surv Ophthalmol.* 1971;16(1):108-111.
- [3] Zigman S, Datiles M, Torczynski E. Sunlight and human cataracts. *Invest Ophthalmol Vis Sci.* 1979;18(5):462-467.
- [4] Youn HY, McCanna DJ, Sivak JG, Jones LW. In vitro ultraviolet-induced damage in human corneal, lens, and retinal pigment epithelial cells. *Mol Vis.* 2011;17(1):237-246.
- [5] Elanchezian R, Palsamy P, Madson CJ, Lynch DW, Shinohara T. Age-related cataracts: homocysteine coupled endoplasmic reticulum stress and suppression of Nrf2-dependent antioxidant protection. *Chem Biol Interact.* 2012;200(1):1-10.
- [6] Fulgncio Cunha AA, Bosco AA, Veloso CA, Volpe CM, Chaves MM, Nogueira-Machado JA. Suppressive effect of aqueous humor from person with Type 2 diabetes with or without retinopathy on reactive oxygen species generation. *Diabetes Res Clin Pract.* 2013;100(1):69-73.
- [7] Said T, Dutot M, Martin C, Beaudeau JL, Boucher C, Enee E, et al. Cytoprotective effect against UV-induced DNA damage and oxidative stress: role of new biological UV filter. *Eur J Pharm Sci.* 2007;30(3-4):203-210.
- [8] American National Standards Institute (ANSI). American National Standard Requirements for Non-Prescription Sunglasses and Fashion Eyewear, Z80.3-1996, ANSI, New York, 1996.
- [9] Yu DS, Yoo JS. Evaluation of ultraviolet blocking of ophthalmic lenses. *J Korean Oph Opt Soc.* 2008;13(3):7-12.
- [10] Park YM, Park CS, Lee HS, Park MJ. The effect of UV blocking lens on the denaturation of RNase A induced by UV-A. *J Korean Oph Opt Soc.* 2007;12(1):9-15.
- [11] Park CS, Park YM, Kim DH, Park MJ. The effect of UV blocking lens on the denaturation of antioxidative enzymes induced by UV-A. *J Korean Oph Opt Soc.* 2007;12(3):97-103.
- [12] Neuhoff V, Arold N, Taube D, 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.* 1988;9(6):255-262.
- [13] Bartlett EJ, Brissett NC, Doherty AJ. Ribonucleolytic resection is required for repair of strand displaced nonhomologous end-joining intermediates. *Proc Natl Acad Sci U S A.* 2013;110(22):E1984-1991.
- [14] Marchitti SA, Chen Y, Thompson DC, Vasiliou V. Ultraviolet radiation: cellular antioxidant response and the role of ocular aldehyde dehydrogenase enzymes. *Eye Contact Lens.* 2011;37(4):206-213.
- [15] Babizhayev MA. Mitochondria induce oxidative stress, generation of reactive oxygen species and redox state unbalance of the eye lens leading to human cataract formation: disruption of redox lens organization by phospholipid hydroperoxides as a common basis for cataract disease. *Cell Biochem Funct.* 2011;29(3):183-206.
- [16] Black AT, Gordon MK, Heck DE, Gallo MA, Laskin DL, Laskin JD. UVB light regulates expression of antioxidants and inflammatory mediators in human corneal epithelial cells. *Biochem Pharmacol.* 2011;81(7):873-880.
- [17] Godenschwege T, Forde R, Davis CP, Paul A, Beckwith K, Duttaroy A. Mitochondrial superoxide radicals differentially affect muscle activity and neural function. *Genetics.* 2009;183(1):175-184.
- [18] Formicki G, Stawarz R. Ultraviolet influence on catalase activity and mineral content in eyeballs of gibel carp (*Carassius auratus gibelio*). *Sci Total Environ.* 2006; 369(1-3):447-450.
- [19] Reddy VN, Kasahara E, Hiraoka M, Lin LR, Ho YS. Effects of variation in superoxide dismutase(SOD) on oxidative stress and apoptosis in lens epithelium. *Exp Eye Res.* 2004;79(6):859-868.
- [20] Moon BY, Hwang KJ, Lee YJ, Yu DS. Changes of the plastic lens properties caused by etching of the coating films. *J Korean Oph Opt Soc.* 2010;15(1):55-60.

The Inhibitory UV-B Blocking Rate of Eyeglasses Lens on the Enzymes Denaturation in Cornea

So Ra Kim, Jee Hee Lee, Jung-Im Choi, and Mijung Park*

Dep. of Optometry, Seoul National University of Science and Technology, Seoul 139-743, Korea
(Received August 5, 2013; Revised September 2, 2013; Accepted September 14, 2013)

Purpose: To investigate the UV-B blocking rate of eyeglasses lens which can prevent enzymes denaturation in cornea. **Methods:** The denaturation degree of RNase A and catalase, superoxide dismutase (SOD) was determined by using Acrylamide gel electrophoresis after UV-B irradiation of 312 nm for 1, 3, 6, 24 and 96 hours. Also, the inhibitory effect of eyeglasses lens having UV-B blocking rate of 50%, 80%, 95% and 99% on the enzymes denaturation was measured. **Results:** The denaturation of RNase A was induced by 1 hour-irradiation of UV-B. To inhibit RNase A denaturation after UV-B irradiation between 1 hour and 6 hours, UV-B blocking lens of 95% were effective. UV-B blocking lens of 99% suppressed the inhibition of RNase A denaturation after the UV-B exposure between 24 hours and 96 hours. The denaturation of catalase was not induced by 1 hour-irradiation of UV-B. To inhibit enzyme denaturation after UV-B irradiation between 1 hour and 6 hours, UV-B blocking lens of 50% were effective. UV-B blocking lens of 95% suppressed the inhibition of enzyme denaturation induced by UV-B irradiation between 24 hours and 96 hours. The SOD denaturation was not induced by UV-B irradiation shorter than 6 hours exposure. The UV-B blocking lens of 50% could inhibit SOD denaturation after the UV-B irradiation for 24 hours. When SOD was exposed to UV-B for 96 hrs, SOD denaturation was inhibited by eyeglasses lens with UV blocking rate higher than 95%. **Conclusions:** The results demonstrated that the proper UV-B blocking rates of eyeglasses lens to inhibit the enzymes denaturation was different according to the types of enzymes and its inhibitory effect was effective only when eyeglasses lens had higher than certain UV-B blocking rate.

Key words: Eyeglasses lens, UV-B, RNase A, Catalase, Superoxide dismutase