

한국안광학회 – 이달의 학술논문 소개

*본 논문은 한국안광학회지 제23권 4호(2018년 12월 31일 발행) 게재 논문으로 저자는 학회의 동의하에 요약 발췌본을 제출하였습니다.

*논문의 판권은 한국안광학회에 있습니다.

스마트폰 조명에 의한 망막내의 Lipofucinin A2E의 광산화 효과와 청색광 차단 렌즈에 의한 광산화 방지효과

박상일(가톨릭관동대학교 안경광학과)

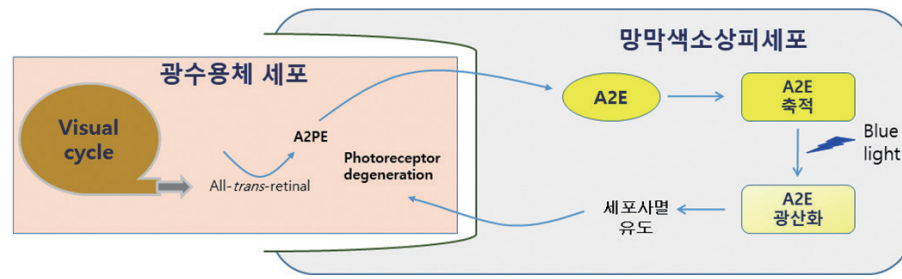
◆ 목적 : 본 연구는 나이관련 황반변성(AMD : Age-related macular degeneration)의 병인으로 알려진 스마트폰으로 유발되는 A2E의 광산화가 두 형태의 청광차단렌즈에 의해 억제되는가를 알아보고자 하였다.

◆ 방법 : 두 분자의 all-trans-retinal과 한 분자의 ethanolamine을 합성하여 만든 A2E에 스마트폰 화면 빛을 3시간 동안 조사하여 광산화를 유도하였다. 스마트폰으로 유도되는 광산화도를 착색청광차단렌즈와 코팅청광차단렌즈를 이용한 차단 효과를 남아있는 A2E의 흡광도를 통하여 확인하였다.

◆ 결과 : 스마트폰 빛 조사로 인해 A2E는 36.78% 광산화가 일어나는 것을 확인하였다. 3종류의 착색청광차단렌즈에서는 각각 9.92%, 11.19%, 11.30%로 광산화도가 억제되는 것을 확인하였고, 3종의 코팅청광차단렌즈에서는 각각 7.85%, 7.71%, 7.42%로 광산화도가 억제되는 것을 확인할 수 있었다. 착색청광차단렌즈와 코팅청광차단렌즈에서는 착색코팅청광차단렌즈가 3.14%로 코팅청광차단렌즈보다 광산화 억제 효과가 좋았다. A2E와 iso-A2E의 스마트폰 화면 조사에 의한 산화는 빛 조사시간동안 꾸준히 일어나는 것으로 나타났으며, 청광차단렌즈에 의한 광산화 억제도 꾸준히 억제가 되는 것으로 나타났다

◆ 결론 : 본 연구결과를 통하여 청광차단렌즈는 나이관련 황반변성의 원인 물질인 A2E의 광산화를 억제하는 효과가 있고 착색청광차단렌즈가 조금 더 효과가 있는 것을 알 수 있었다.

〈그림 1〉 망막형광색소물질의 산화과정 및 세포사멸과정



- 서론 -

망막색소상피세포층에 축적되는 망막내 형광색소물질(liopofuscin)은 노란 형광색을 띠는 미립자로서 세포의 핵 주변에 분포하는 형광색소물질이다. 이A2E(N-retinylidene-N-retinyl-ethanolamine)와 그의 광학 이성질체인 iso-A2E는 사람의 망막색소상피세포에 4 : 1의 비율로 축적되는 대표적인 나이 관련 형광색소물질이다.

A2E는 망막색소상피세포에 축적되는 비타민 A의 유도체로 광수용체 세포 내에서 시각 활동 중에 발생하는 부산물로 망막색소상피세포에 축적이 된다. 축적된 A2E에 청색광을 통해 광산화 반응이 일어나 A2E의 산화가 발생한다. 광산화 형태의 A2E는 망막색소상피세포의 사멸을 일으킨다. 이는 광수용체 세포의 2차적 사멸을 일으키며 결국 실명으로 이어지는 나이관련 황반변성의 원인 중 하나이다(그림 1).

나이관련 황반변성은 노년기 시력 상실의 주원인 중 하나로 황반 기능이 저하되어 사물이 왜곡되어 보이고, 중심 시력이 저하되거나 상실되는 질병이다. 최근 보고에 따르면 한국 인구의 82.6 %가 스마트폰, 스마트 패드 등 스마트기기를 보유하고 있으며, 한국인의 평균 스마트기기 사용시간은 남성 3.02시간, 여성 2.87시간으로 보고되어 있다. 스마트폰과 같은 청색광을 자연광 보다 많이 함유한 LED 패널을 이용한 스마트기기 사용의 증가는 망막관련 질환을 유발하며 이러한 원인으로 실명의 큰 원인이 되고 있다. 나이 관련 황반변성에 대한 정확한 원인은 아직 밝혀져 있지 않으며 대표적인 원인은 나이와 관련이 있고, 음식, 흡연, 청색광의 노출 등의 환경적 요인과 유전적 요인이 주된 원인으로 알려져 있다. 나이 관련 황반변성에 대한 치료법은 아직 발견되지 않았으며 예방이 최우선으로 여겨지고 있다.

본 연구에서는 청색광에 의해 산화가 일어나는 A2E와 iso-A2E가 스마트폰에서 발산되는 빛에 의해 광산화가 일어나는지를 알아보고 스마트폰으로 유발되는 광산화를 다양한 청광차단 안경렌즈(blue light blocking lenses)를 이용하여 A2E와 iso-A2E의 광산화가 억제되는 정도를 알아봄으로써 청광차단 안경렌즈가 스마트폰으로 유발되는 나이관련 황반변성의 예방 가능성 여부를 확인하고자 하였다.

- 대상 및 방법 -

1. 실험 재료

망막내 형광색소물질인 A2E와 iso-A2E의 합성은 all-trans-retinal, ethanolamine을 이용하여 합성하였고 실험에 사용된 청광차단렌즈는 현재 국내 안경원에서 유통되고 있는 렌즈 가운데 굴절력이 없는 착색 청색광차단렌즈(TBB: tinted blue light blocking lens) 3종과 코팅 청색광차단렌즈(CBB: coated blue light blocking lens) 3종의 렌즈와 중 굴절률 평면 렌즈를 사용하였다.

2. 스마트폰 빛 조사

합성한 A2E와 iso-A2E에 청색광(420~470nm, 94 mW/cm²)을 조사하여 광산화를 유도한 군을 대조군으로, A사의 스마트폰(화면크기: 12.95cm, 밝기: 855 cd/m², 해상도: 1440 * 2560)을 조사하여 광산화도를 측정하였다. 또한, 스마트폰으로 유도되는 광산화를 청광차단 안경렌즈를 이용한 차단 효과를 확인하기 위해 한국인의 평균 스마트기기 사용 시간인 180분 동안 스마트폰 화면에서 발생하는 빛 조사 후의 빛에 의한 산화도를 30분 간격으로 측정하였다.

- 결과 및 고찰 -

1. 스마트폰으로 유발되는 A2E와 iso-A2E의 광산화 효과

본 실험에서는 스마트폰에서 나오는 빛이 A2E와 iso-A2E의 광산화에 영향을 미치는지 알아보았다. 청색광 조사 전후의 A2E의 흡광도와 스마트폰 화면에서 발생하는 빛 조사 전후를 비교한 결과 청색광을 조사하였을 때는 51.89% 산화되었고, 스마트폰 화면에 나오는 빛을 조사하였을 때는 36.78% 산화가 일어나는 것을 확인하였다. 즉, A2E는 스마트폰 화면에서 발생하는 빛에 의해 청색광을 조사하였을 때보다 15.11% 산화도가 적었지만, 스마트폰 화면에서 발생하는 빛을 통해서도 광산화가 일어나는 것을 확인할 수 있었다.(그림 2)

2. A2E와 iso-A2E의 항광산화에 미치는 청광차단렌즈의 효과

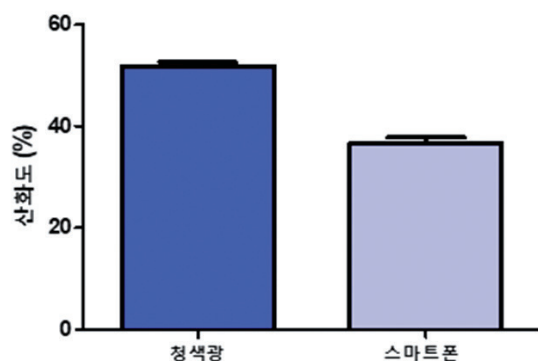
청광차단렌즈는 청색광을 차단하는 방법에 따라 착색청광차단렌즈(TBB)와 코팅청광차단렌즈(CBB)로 나뉜다. 청광차단렌즈가 처음 개발될 당시에는 대부분의 청광차단렌즈가 착색청광차단렌즈였지만, 현재에는 착색청광차단렌즈의 고유의 색으로 인해 대부분이 코팅청광차단렌즈로 출시되고 있다. 본 실험에서는 스마트폰 화면을 켜 놓은 상태에서 0.5시간 간격으로 총 6회, 즉, 3시간 동안 스마트폰 화면의 빛을 조사하고 빛 조사 전후의 A2E와 iso-A2E의 광산화도를 비교하였다. 또한 다양한 청광차단렌즈의 항광산화 효과를 확인하기 위해 스마트폰 화면과 A2E와 iso-A2E사이에 청광차단렌즈와 그 대조군인 중굴절률 평면렌즈를 위치시

켰다. 3시간 조사 후 A2E와 iso-A2E는 중간에 렌즈가 없을 경우에는 $36.78 \pm 1.19\%$ 산화되었으며, 중굴절률 평면렌즈를 스마트폰과 형광색소물질 사이에 위치시키고 조사한 결과 $34.34 \pm 2.85\%$ 로 중굴절률 평면렌즈로는 형광색소물질의 광산화를 보호하는 효과는 확인할 수 없었다. 3종의 착색청광차단렌즈(TBB 1~3)과 3종의 코팅청광차단렌즈(CBB 1~3)렌즈를 스마트폰과 형광색소물질 사이에 위치시키고 조사한 결과 3종의 착색청광차단렌즈에서는 각각 9.92%, 11.19%, 11.30%로 렌즈를 위치시키지 않았을 때보다 광산화도가 통계적으로 유의하게 감소가 되는 것을 확인하였다. 3종의 코팅청광차단렌즈에서는 스마트폰 화면 조사 결과 각각 7.85%, 7.71%, 7.42%로 광산화도가 억제되는 것을 확인할 수 있었다. 3종의 착색청광차단렌즈 사이에서는 광산화 억제도의 차이는 없었으며, 3종의 코팅청광차단렌즈 또한 광산화를 억제하는 능력에는 차이가 없었다. 하지만 착색청광차단렌즈와 코팅청광차단렌즈에서는 착색코팅청광차단렌즈가 3.14%로 코팅청광차단렌즈보다 보호 효과가 좋았으며 이는 통계적으로 유의한 차이를 보였다(그림 3).

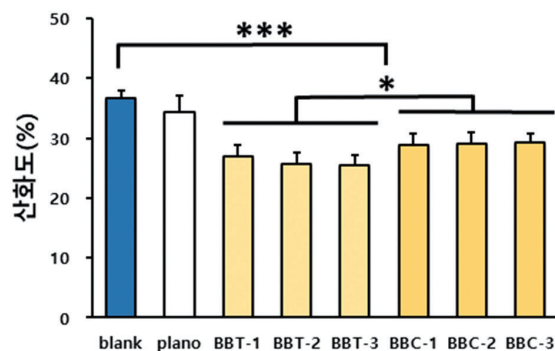
3. 시간에 따른 청광차단렌즈의 항광산화 효과

3시간 동안 스마트폰 화면 빛을 조사하는 과정에서 시간대 별로 항광산화효과를 확인하기 위해 0.5시간 간격으로 광산화도를 측정하였다. 렌즈로 차단하지 않은 군, 평면렌즈로 차단한 실험군, 6종의 청광차단렌즈 실험군에서 표준 곡선이 선형을 갖는, 즉 시간에 따라 산화도가 증가하는 것을 확인할 수가 있었다. 렌즈로 차단하지 않은 군과 평면

〈그림 2〉 청색광과 스마트폰에 의한 형광색소물질의 산화도



〈그림 3〉 다양한 렌즈의 항광산화 효과



렌즈로 차단한 군에서는 표준 곡선이 각각 $y=5.95x+2.60$, $y=5.30x+3.89$ 의 산화도 증가를 보였으며, 착색청광차단렌즈 3종의 표준 곡선은 각각 $y=3.67x+4.85$, $y=3.70x+4.01$, $y=3.60x+4.41$ 로 유사한 산화도 증가를 보였다. 또한, 코팅청광차단렌즈에서는 $y=4.14x+4.57$, $y=4.45x+3.07$, $y=4.54x+3.43$ 의 산화도 증가를 보였다. 스마트폰 화면 빛을 차단하지 않은 군에서는 청광차단렌즈로 빛을 차단한 군보다 가파른 기울기를 보였으며, 착색청광차단렌즈가 코팅청광차단렌즈보다 작은 기울기를 보이는 것으로 보아 시간이 지나면 지날수록 광산화 억제율이 큰 것으로 확인되었다. 스마트폰 화면 빛 조사 후 1시간 동안은 실험한 모든 군에서 광산화도의 차이가 없었으며, 1.5 시간 이후부터 스마트폰 화면 빛을 차단하지 않은 군과 청광차단렌즈로 차단한 군에서는 통계적으로 유의한 차이를 보이기 시작하였다. 차단법이 다른 두 종류의 청광차단렌즈 군에서는 2.0시간까지는 광산화를 억제하는 효과의 차이는 없었고, 2.5시간 후부터 착색청광차단렌즈 군이 코팅청광차단렌즈 군보다 산화 억제율이 높았으며, 이는 통계적으로도 유의한 차이를 보였다.

망막내 형광색소물질인 A2E와 iso-A2E의 산화는 청색광에 의해 발생한다. 특히 청색광 중에서도 낮은 파장대에서 가장 큰 영향을 받으며, 이 파장의 빛은 망막형광색소물질과 함께 망막 전체에 영향을 미쳐 나이 관련 황반변성을 일으키기도 할뿐 아니라 수정체에도 영향을 미쳐 백내장을 유발하기도 하는 것으로 알려져 있다. 태양광의 경우 낮은 파장의 청색광의 함유 비율이 약 12%인 것에 비해 최근에 사용되고 있는 스마트기기의 LED화면의 저파장 청색광의 비율은 약 35%로 자연 백색광 보다 약 23% 이상의 청색광을 함유하고 있다. 또한, LED화면의 청색광 비율은 과거 아날로그 화면에 비해서도 청색광의 함유 비율이 15%이상 높은 것으로 보고되어 있다. 청색광을 더 많이 함유하고 있는 LED의 대중화와 스마트기기의 보편화로 인해 요즘 현대인들은 과거에 비해 눈의 유해광선 중 하나인 청색광의 노출 빈도가 많이 증가하게 되었다.

본 연구에서는 스마트폰으로 유발되는 빛이 망막 형광색소물질을 산화시키는 지를 확인해보고, 제조방식이 다른 두 종류의 청광차단렌즈를 통하여 광산화를 억제할 수 있는 지를 확인해 보았다. 스마트폰의 빛을 받은 A2E와 iso-A2E는 청색광을 조사하였을 때보다는 적었지만 약 36%의 광산

화가 발생하는 것으로 나타났다. LED의 백색 화면이 저파장의 청색광을 많이 함유하고 있어서 발생하는 것으로 생각되어진다.

LED로 유발되는 광산화를 청광차단렌즈를 이용하여 항광산화 효과 실험을 실시한 결과 각각 3종의 착색청광차단렌즈와 코팅청광차단렌즈에서 각각 약 10.60%, 7.72%로 광산화를 억제하는 효과를 확인할 수 있었다. 또한, 착색청광차단렌즈와 코팅청광차단렌즈 사이에서는 착색청광차단렌즈가 코팅청광차단렌즈보다 약 3.14% 광산화억제효과가 더 있다는 것을 확인하였는데, 이는 청색광을 차단하는 방법이 빛의 산란을 이용하는 코팅청광차단렌즈 제작법과 착색에 의한 착색청광차단렌즈의 제작법의 차이로 인한 것이라고 생각된다.

또한, A2E와 iso-A2E의 스마트폰 불빛에 의한 산화는 초반에 급격히 발생하거나 어느 일정 시간에 발생하는 것이 아닌 일정한 기울기를 가지는 즉, 빛 조사 시간동안 꾸준히 일어나는 것으로 밝혀졌으며, 청광차단렌즈에 의한 광산화 억제도 꾸준히 조금씩 억제가 되는 것으로 나타났다.

- 결 론 -

나이 관련 황반변성의 치료는 유전자 치료, 단백질 치료, 인공망막이식등의 다양한 방법으로 시도되고 있지만, 아직까지 적절한 치료법이나 치료 약물이 밝혀져 있지 않고, 예방이 최우선이라고 생각되고 있다. 4차 산업 시대로 가고 있는 현대에서는 과거보다 더 많은 스마트기기의 사용으로 인해 더 많은 청색광에 노출될 것이고 이러한 사회적 변화를 통해 나이 관련 황반변성 환자는 급증할 것이다. 본 연구를 통해 스마트폰으로도 망막형광색소물질의 산화가 발생하는 것을 확인하였고, 이런 광산화를 청광차단렌즈를 통해 광산화가 약 10%정도 억제되는 것을 확인하였다. 하지만, 이러한 결과가 청광차단렌즈를 착용하면 나이 관련 황반변성에 큰 도움을 줄 것이라고는 아직 확인할 수 없다. 추후 스마트폰 빛 조사시간의 변화나 세포 활성과 관련된 연구를 지속적으로 하여야 할 것이라고 생각된다. ☞

논문 원문보기: 한국인광학회 홈페이지

<http://www.koos.or.kr> 또는 <https://koos.jams.or.kr>