

# Optimum Treatment Parameters for Photodynamic Antimicrobial Chemotherapy on *Streptococcus mutans* Biofilms

Seojung Choi<sup>1</sup>, Howon Park<sup>1</sup>, Juhyun Lee<sup>1</sup>, Hyunwoo Seo<sup>1</sup>, Siyoung Lee<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Department of Pediatric Dentistry, College of Dentistry, Gangneung-Wonju National University

<sup>2</sup>Department of Microbiology and Immunology, Oral Science Research Center, College of Dentistry, Gangneung-Wonju National University

## Abstract

The purpose of this study was to evaluate the effects of Photochemotherapy using a combination of erythrosine and standard halogen dental curing lights on the viability of *Streptococcus mutans* in the biofilm phase.

To investigate the optimum treatment parameters, the researchers controlled the concentration of erythrosine, light irradiation time and the treatment time of erythrosine.

The higher concentration of erythrosine (0, 10, 20, 40, 80 M) in the presence of light irradiation created greater effects in reducing the viability of *S. mutans*. The results showed a statistically significant difference among the antimicrobial effects in 20, 40, 80 M erythrosine. The higher irradiation time of light (0, 5, 15, 30, 60, 75s) in the presence of erythrosine showed greater effects in reducing the viability of *S. mutans*. There was statistically significant difference in 30, 60, 75 seconds. The higher treatment time of erythrosine (0, 1, 2.5, 5min) in the presence of erythrosine created greater effects on reduction of *S. mutans* viability. Statistically significant differences were found between 2.5 and 5 minutes of erythrosine treatment time.

The results of this study showed that the photochemotherapy on *S. mutans* using erythrosine and the halogen dental curing lights conventionally used in dental clinics is effective in the condition of 20-40 M erythrosine concentration, irradiation time over 30 seconds, and erythrosine treatment time over 2.5 minutes.

**Key words :** Photochemotherapy, Halogen Dental Curing Lights, Photosensitizing Agents, Erythrosine

## I. 서 론

청소년기 구강내 주요 상병으로는 부정교합, 치주질환, 치아우식증, 치아침식증, 악관절 질환 등 다양한 질환들을 들 수 있으나, 전통적으로 가장 큰 비중을 차지하고 있는 것은 치아우식증이다<sup>1)</sup>. 치아우식증은 치면세균막 세균의 당 대사를 통해 생성되는 산에 의해 치질이 탈회되는 과정으로 이루어지는 세균성 치아 경조직 질환으로, 치주질환과 함께 구강 내에서 발생하는 양대 구강병의 하나이다. 치아우식증에 관련된 여러 세균 중에

서 그람 양성 세균인 *Streptococcus mutans*가 치아우식증과 직접 연관되어 있다는 것은 이미 잘 알려져 있다<sup>2-4)</sup>.

우식을 효과적으로 다스리는 가장 좋은 방법은 예방과 치료이다<sup>5)</sup>. 치아우식증의 예방을 위해서는 칫솔질과 같은 기계적인 방법으로 치면 세균막을 잘 제거해 주는 것이 가장 효과적이나 환자가 비협조적일 경우 치아우식증 예방효과를 기대하기 힘들다는 단점이 있다<sup>2)</sup>.

치아우식증 예방을 위한 방법으로 항생제의 사용이 고려되고 있으나 자주 사용 시 내성을 가진 세균이 생성되며 우식유발 세

Corresponding author : Howon Park

Department of Pediatric Dentistry, College of Dentistry, Gangneung-Wonju National University, 7 Jukheon-gil, Gangneung, 210-702, Korea

Tel: +82-33-640-2464 / Fax: +82-33-640-3113 / E-mail: pedo@gwnu.ac.kr

Received October 13, 2014 / Revised January 20, 2015 / Accepted January 20, 2015

균뿐만 아니라 정상 세균총도 파괴되는 문제점이 있다<sup>6)</sup>. 또한 구강 내 치아우식 유발 세균에 대한 백신을 개발하기 위한 많은 연구가 이루어져 왔지만<sup>3)</sup>, 임상적으로 이용 가능한 백신의 개발에는 많은 어려움이 있다. 반면 치아우식증을 예방하기 위해서 불소는 다양한 적용방법을 통해 널리 사용되어 왔다<sup>7)</sup>. 불소에 의한 치아우식증 예방기전에 대해서는 아직도 논란이 계속되고 있으나, 법랑질의 내산성 증가, 재광화의 촉진, 치면 세균막의 우식 유발 능력의 감소 등이 일반적으로 받아들여지고 있다<sup>8)</sup>.

치아우식증을 예방하기 위해 최근에 연구되고 있는 방법으로 광역동 치료가 있다<sup>9)</sup>. 광역동 치료는 세균의 세포벽에 친화성이 있는 광감각제가 특정 파장의 빛을 흡수하여 세균을 손상시킬 수 있는 활성산소나 자유 라디칼(free radical)을 생성하여 항균효과를 나타낸다<sup>10)</sup>. 광역동 치료는 광감각제가 부착되는 치면 세균막에만 작용하여 구강 내 정상 세균총에는 영향을 거의 미치지 않고 우식 유발 세균에 선택적으로 작용하는 효과적인 항생요법이라 할 수 있다<sup>11)</sup>.

이전 연구들에서 광역동 치료가 구강 내 세균에 효과가 있음이 밝혀졌지만<sup>11-14)</sup>, 광역동 치료를 위해 고안된 특수 광원인 레이저나 LED를 사용하였다<sup>15-19)</sup>. 그러나 최근에는 치과에서 흔히 사용되고 있는 할로겐 광증합기를 광원으로 사용하고 광감각제로 erythrosine을 적용한 광역동 치료에서도 구강 내 세균에 대한 항균작용이 매우 효과적임이 보고되어 광역동 치료를 위한 특수 장비 없이도 광역동 치료가 가능함을 제시하였다<sup>19-21)</sup>.

광역동 치료의 효과는 광원의 종류, 광 조사거리, 광 조사시간, 광감각제의 종류 및 농도, 그리고 광감각제의 접촉시간 등에 의해 영향을 받을 수 있다. 이러한 실험조건 차이로 인한 결과가 다양하게 나타나고 있어서 치과에서 치아우식예방을 위한 광역동 치료 시의 조건을 표준화할 필요가 있다.

본 연구에서는 치과에서 흔히 사용되는 기구인 할로겐 광증합기를 광원으로, 치면세균막 착색제인 erythrosine을 광감각제로 사용하여 *S. mutans* biofilm에 대한 광역동 치료를 시행할 때의 최적조건을 알아보기 위해서 erythrosine의 농도와 광조사시간 및 광감각제의 접촉시간에 따른 광역동 치료의 효과를 비교하였다.

## II. 연구 재료 및 방법

### 1. 광감각제(Photosensitizer) 및 광원(Light source)

광감각제로 1 mM의 erythrosine 용액(Sigma-Aldrich, St Louis, MO, USA)을 인산완충생리식염수(phosphate-buffered saline, PBS)를 이용하여 여러 가지 농도(10, 20, 40, 80 μM)로 희석하여 사용하였다. erythrosine 실험용액은 여과 살균처리한 후 -20℃의 광원이 차단된 곳에서 보관하면서 실험에 사용하였다.

광원은 치과에서 일반적으로 사용되고 있는 할로겐 증합기(XL 3000; 3M ESPE, St. Paul, MN, USA)를 이용하였으며, 광원의 직경은 8 mm이다. 출력은 600 mW/cm<sup>2</sup>이며 광도

측정계(Light Intensity Meter; Dentamerica, San Jose, CA, USA)를 이용하여 출력을 점검하였다.

### 2. 세균과 배양조건(Bacterial strains and culture conditions)

*S. mutans* biofilm 형성을 위해 강릉원주대학교 치과대학 구강미생물학 교실에서 보관하고 있던 *S. mutans* ATCC 25175 균주를 분양받아 사용하였다. 5% CO<sub>2</sub>의 호기성 조건에서 37℃의 온도로 18시간 동안 brain heart infusion broth(BHI) (Becton, Dickinson and Company, Sparks, MD, USA)에서 배양하였다. 분광광도계(Smart Plus 2700; Young-woo inst., Seoul, Korea)로 세균혼탁용액의 혼탁도를 측정하여 총 세균수를 산정하였다. 혼탁도와 세균 수와 관련된 표준곡선을 사용하여 세포 희석에 이용하였다. Biofilm 형성을 위해 접종할 세균의 준비를 위하여 PBS를 이용하여 10<sup>7</sup> Colony Forming Unit/mL(CFU·mL<sup>-1</sup>)로 희석하였다.

### 3. *S. mutans* Biofilm 형성

24-well cell culture cluster(Corning Costar, 3524, flat bottom; Corning Glass, Corning, NY, USA)에 BHI broth 990 μL를 주입하고, 10<sup>7</sup> CFU/mL의 *S. mutans* 배양액 10 μL를 접종(최종 세균농도 : 10<sup>4</sup> CFU/mL)한 후, 5% CO<sub>2</sub>, 37℃에서 20시간 배양하여 *S. mutans* biofilm을 형성시켰다.

### 4. 광역동 처치

*S. mutans* biofilm이 형성된 well에서 1 mL의 배양액을 제거하고 1 mL의 PBS로 두 번 세척하여 미 부착 세균을 제거 한 후 다음의 각 조건에 따라 PBS로 희석한 erythrosine 용액을 1 mL 주입하고 광 조사하였다.

#### 1) Erythrosine 농도

*S. mutans* biofilm이 형성된 well에 PBS로 희석한 0, 10, 20, 40, 80 μM의 erythrosine 용액 1 mL를 주입한 후 광 조사하였다. 광 조사시간은 이 등<sup>14)</sup>의 보고를 참조하여 30초 동안 조사하였다.

#### 2) 빛 조사시간

이 등<sup>14)</sup>의 보고를 참조하여 PBS로 희석한 20 μM의 erythrosine 용액 1 mL를 *S. mutans* biofilm이 형성된 well에 주입한 후 각각 0, 5, 15, 30, 60, 75초 간 광조사하였다.

#### 3) Erythrosine 처리시간

*S. mutans* biofilm과 erythrosine의 접촉시간 경과에 따른 효과를 비교하기 위해 20 μM의 erythrosine 용액 1 mL를 *S. mutans* biofilm이 형성된 well에 주입한 후 0분, 1분, 2분30초, 5분이 경과한 후 30초 간 광조사하였다.

5. 1) - 3)의 실험조건에 대한 광역동 치료효과 비교

각 조건에 따른 실험 후 각 well을 10초간 두 번 초음파 처리 (VC 100; Sonics & Materials Inc., Danbury, CT, USA) 하여 세균부유액으로 만들고, 두 개의 혈액 한천 배지(Hanil-KOMED, Seongnam, Gyeonggi-do, Korea)에 각각 50  $\mu$ L의 배양액을 도말하였다. 5% CO<sub>2</sub>, 37°C에서 72시간 배양한 후 CFU를 측정하여 평균값으로 각 조건에 따른 광역동 치료효과를 비교하였다.

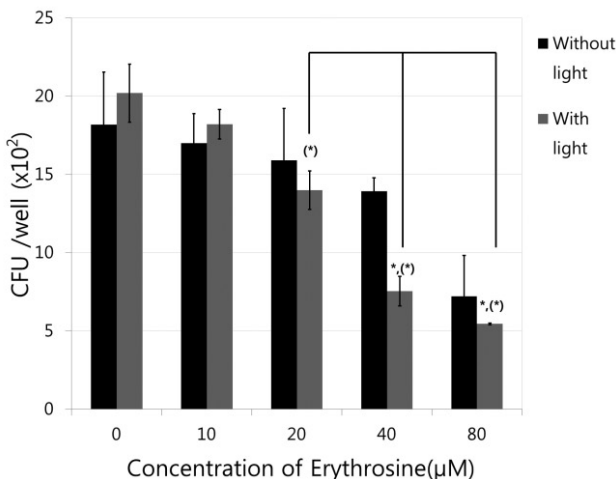
6. 통계분석

통계처리는 95%의 신뢰도로 일원배치 분산분석(SPSS, version 21.0;SPSS Inc., Armonk, New York, USA)을 이용해 각각의 실험군 간의 차이를 비교하였으며 사후검정으로 Tukey HSD 검정법과 LSD 검정법을 사용하였다.

Ⅲ. 연구 성적

1. Erythrosine 농도가 광역동 치료 효과에 미치는 영향에 대한 평가

0, 10, 20, 40, 80  $\mu$ M의 erythrosine 용액 1 mL를 주입한 후 30초 동안 광조사를 실시한 결과 erythrosine의 농도가 증



**Fig. 1.** CFU by concentration of erythrosine. Data represents mean values and error bars represent standard deviations. \*, (\*): Compared with other groups, statistically significant with  $p < 0.05$ . \* : Post-hoc by Tukey HSD test (\*): Post-hoc by LSD test  $\square$  : No significant difference among each groups.

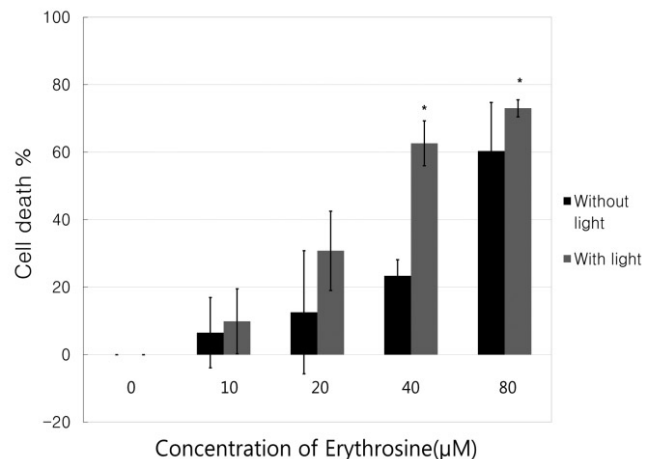
가할수록 항균효과가 증가하는 경향을 보였다. 20, 40, 80  $\mu$ M의 erythrosine 농도에서 광역동 치료의 효과가 0, 10  $\mu$ M의 erythrosine 농도보다 통계적으로 유의한 차이를 나타냈지만, 20, 40, 80  $\mu$ M 농도의 세 군 사이에는 유의한 차이가 없었다 (Fig. 1, 2).

2. 광 조사시간이 광역동 치료 효과에 미치는 영향에 대한 평가

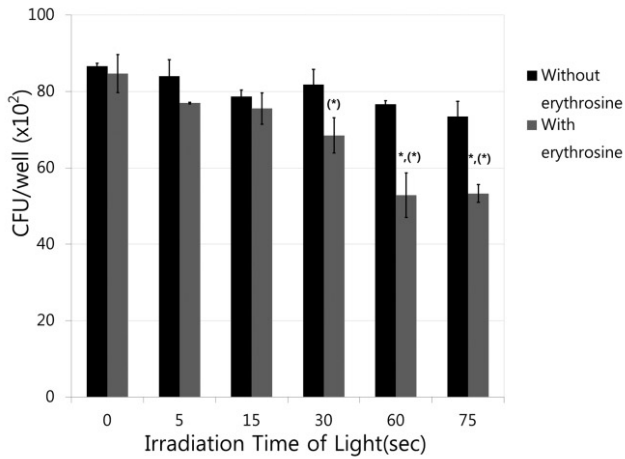
20  $\mu$ M의 erythrosine 용액 1 mL를 *S. mutans* biofilm이 형성된 well에 주입한 후 각각 0, 5, 15, 30, 60, 75초 간 광 조사를 시행한 결과 광 조사시간이 길어질수록 항균효과가 증가하는 경향을 보였다. 광 조사시간을 30, 60, 75초 시행한 군에서 0, 5, 15초 간 광 조사를 시행한 군보다 광역동 치료의 효과가 통계적으로 유의한 차이를 보였으나, 30, 60, 75초 각 세 군 사이의 통계적 유의성은 없었다(Fig. 3, 4).

3. Erythrosine 처리시간이 광역동 치료 효과에 미치는 영향에 대한 평가

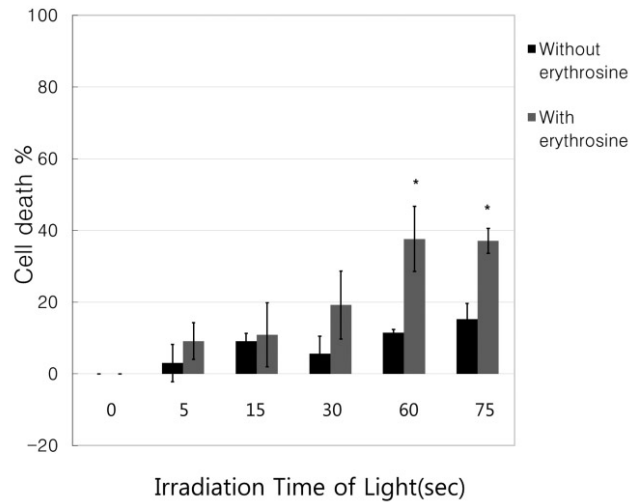
20  $\mu$ M의 erythrosine 용액 1 mL를 *S. mutans* biofilm이 형성된 well에 주입한 후 0분, 1분, 2분30초, 5분의 처리시간을 거쳐 30초 간 광조사한 결과 erythrosine과의 접촉시간이 늘어날수록 항균효과가 증가하는 경향을 보였으며 2분30초 군과 5분 군에서 통계적 유의성을 보였다(Fig. 5, 6).



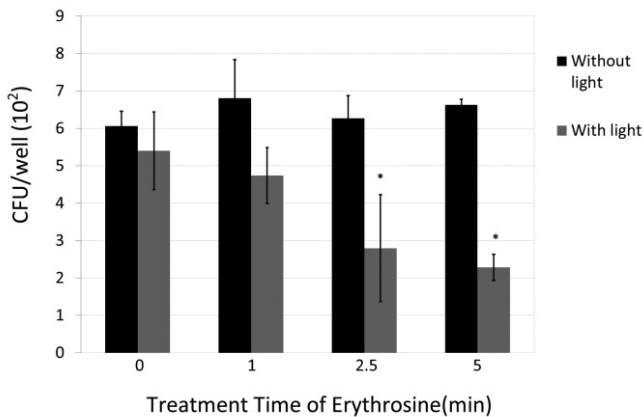
**Fig. 2.** Cell death % by concentration of erythrosine. Data represents cell death % and error bars represent standard deviations. \* : Compared with other groups, statistically significant with  $p < 0.05$ , Post-hoc by Tukey HSD test.



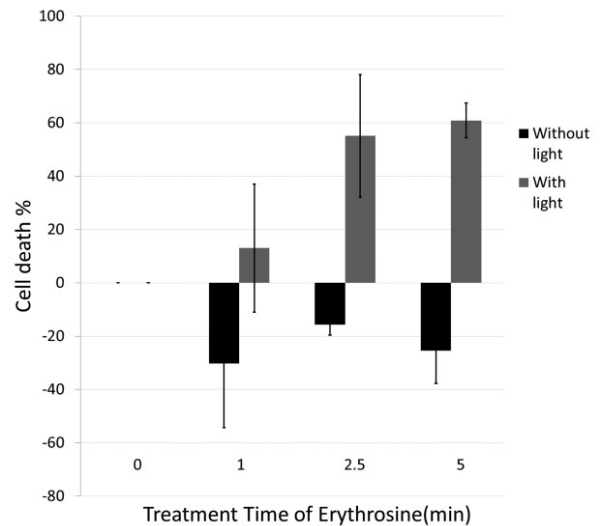
**Fig. 3.** CFU by irradiation time of light. Data represents mean values and error bars represent standard deviations. \*, (\*): Compared with other groups, statistically significant with  $p < 0.05$ . \* : Post-hoc by Tukey HSD test (\*): Post-hoc by LSD test □ □ : No significant difference among each groups.



**Fig. 4.** Cell death % by irradiation time of light. Data represents cell death % and error bars represent standard deviations. \* : Compared with other groups, statistically significant with  $p < 0.05$ , Post-hoc by Tukey HSD test.



**Fig. 5.** CFU by treatment time of erythrosine. Data represents mean values and error bars represent standard deviations. \* : Compared with other groups, statistically significant with  $p < 0.05$ , Post-hoc by LSD test.



**Fig. 6.** Cell death % by treatment time of erythrosine. Data represents cell death % and error bars represent standard deviations. There was no significant difference among treatment times ( $p < 0.05$ ).

#### IV. 총괄 및 고찰

치아우식을 예방하기 위한 많은 방법들이 개발되고 있으며, 광감각제를 사용하여 치아우식 유발 세균을 억제할 수 있는 광역동 치료는 1990년대부터 꾸준히 연구되어 왔다<sup>10-14)</sup>.

치아우식예방을 위한 광역동 치료는 구강 내 질환을 야기하는 biofilm을 줄이는 적합한 방법으로 덜 침습적이고 독성이 없는 안전한 치료 방법 중 하나로 알려져 있으며 광원, 광감각제 그리고 조직 내 산소의 3가지 요소가 상호작용하여 성공적 치료가 이루어질 수 있다<sup>10,11)</sup>.

광역동 치료에 사용되는 광감각제는 세균의 세포벽에 친화성이 있으며, 광조사에 의해 활성화되어 세균의 세포벽에 손상을 일으키게 된다. 이렇게 활성화된 광감각제 분자는 인접 세포벽 분자에 에너지를 전이시키고, 세균을 손상시키거나 사멸시킬 수 있는 활성 산소나 자유 라디칼을 생성하여 항균효과를 갖게 된다<sup>22)</sup>.

대부분의 연구들에서 광감각제를 활성화시키기 위한 광원으로 레이저를 흔히 사용해왔다<sup>15-18,23)</sup>. 그러나 최근 복잡한 술식이 필요 없고 값이 저렴한 광원들이 레이저 대신 소개되고 있다. 본 연구에서 사용한 광원도 치과에서 일반적으로 사용되고 있는 할로겐 증합기(XL 3000; 3M ESPE, St. Paul, MN, USA)를 이용하였으며 광감각제 역시 치과에서 치면착색제로 흔히 사용하는 erythrosine을 사용하였다. erythrosine은 사용 시 독성이 거의 없으며 식품첨가물로 사용될 만큼 안전한 약제이다<sup>24)</sup>.

Erythrosine의 농도를 0, 10, 20, 40, 80  $\mu\text{M}$ 로 변화시켜 광역동 치료의 효과를 비교한 결과 erythrosine의 농도가 증가할수록 항균효과가 증가하는 경향을 보였다. 대조군과 비교 시 erythrosine의 농도가 20, 40, 80  $\mu\text{M}$ 인 군에서 통계적 유의성이 나타났으며( $p < 0.05$ ), 세 군 간의 통계적 유의성은 없었다. 구강 내 균주를 배양해 사용한 정 등<sup>21)</sup>의 연구에서도 0.625, 1.25, 2.5, 5, 10, 20  $\mu\text{M}$ 로 erythrosine의 농도를 변화시켰을 때 농도가 증가할수록 항균효과가 증가했으며 각 농도의 군 모두 통계적 유의성이 있었다. 정 등<sup>21)</sup>의 연구도 본 논문과 동일하게 할로겐 광증합기를 광원으로, 광감각제로 erythrosine을 사용하였지만 균주를 부유 상태(planktonic phase)로 실험하였다. 이것이 저 농도에서의 광역동 치료에 대한 항균효과가 본 논문보다 통계적으로 유의성 있게 높아진 이유로 생각된다. 이 등<sup>19)</sup>은 20  $\mu\text{M}$ 의 erythrosine과 30초의 할로겐 광조사 시 본 연구 결과와는 달리 cell death가 유의성 있게 증가하였다고 보고하였다. 이 차이는 실험 시 형성된 biofilm의 두께 차이로 인한 것으로 생각된다. 그러나 이 등<sup>19)</sup>과 정 등<sup>21)</sup> 및 본 보고에서는 임상에서 사용되는 erythrosine의 농도인 9-25 mM 보다 훨씬 저농도를 사용하였기 때문에 고농도의 erythrosine을 광감각제로 사용한 추가적 연구가 필요할 것으로 사료된다.

광 조사시간을 0, 5, 15, 30, 60, 75초로 변화시켰을 경우 조사시간이 길어질수록 항균효과가 증가하는 경향을 보였다. 대조군과 비교 시 30, 60, 75초 군에서 통계적 유의성이 나타났으며( $p < 0.05$ ), 세 군 사이의 통계적 차이는 없었다. 광 조사시간을 10, 20, 30, 40, 50, 60초로 변화시킨 박 등<sup>20)</sup>의 연구에서도 광 조사시간이 길어질수록 항균효과가 증가하는 경향을 보였으며 30초 이상의 광 조사 시 항균효과가 통계적으로 유의성 있게 증가했다. 또한 *S. mutans* biofilm을 사용한 Metcalf 등<sup>25)</sup>의 연구에서도 erythrosine을 광감각제로 사용한 광역동 치료의 효과가 광조사량에 비례한다고 보고되었다.

할로겐과 erythrosine을 사용한 비슷한 연구들<sup>19-21,25,26)</sup>에서 광 조사시간이나 광감각제의 농도가 광역동 치료에 미치는 영향에 대한 분석은 다수 있지만 광감각제의 접촉시간이 미치는

영향에 관한 보고는 거의 없었다. 본 연구에서는 광감각제와의 접촉시간이 길면 광감각제가 치면세균막으로의 침투가 증가하여 광역동 치료의 효과가 증가될 것을 기대하며 실험을 진행하였다. 연구 결과 erythrosine의 처리시간을 변화시켰을 경우 접촉시간이 늘어날수록 항균효과가 증가하는 경향을 보였으나 erythrosine 처리시간을 2.5분, 5분 처리한 군에서만 통계적 유의성이 있었다.

위의 결과들을 종합해 볼 때 할로겐 광증합기를 광원으로, 치면세균막 착색제인 erythrosine을 광감각제로 사용하여 *S. mutans* biofilm에 대한 광역동 치료를 시행할 때 erythrosine의 농도를 20-40  $\mu\text{M}$ 이상, 광 조사시간을 30초 이상, 그리고 erythrosine의 처리시간을 2분30초 이상으로 사용하는 것이 효과적임을 알 수 있다.

그러나 erythrosine 접촉시간을 2분30초 이상 되게 하는 것은 임상적 적용에 있어서 비효율적이라 생각되며, 다른 조건인 광감각제의 농도나 광원의 조사시간을 조정하는 것이 더 효율적일 것으로 사료된다. 또 본 연구에서는 할로겐 광증합기와 erythrosine을 사용하여 *S. mutans*에 대한 광역동 치료를 시행할 때의 최적조건을 알아보기 위해서 *S. mutans* ATCC25175 군으로 실험실에서 배양한 biofilm을 사용하였다. 그러나 치면에서 치아우식을 유발하는 세균들은 구강 내 biofilm의 형태로 조직화되어 있으며, 세포 외 다당류의 존재, 세포 대사 활성의 차이, 유전자 발현의 차이 등으로 실험실에서 배양한 biofilm과는 다른 특성을 가지게 된다. 이런 특성들로 인해 구강 내에서 성장하는 세균들은 광역동 치료에 대해 더 큰 저항성을 가지게 될 것이다. 따라서 구강 내 biofilm에 대한 광역동 치료의 연구와 다양한 구강 내 세균들에 대한 연구가 진행될 필요가 있을 것으로 생각된다. 또한 추후 임상실험을 통한 항우식 효과에 대한 검증 또한 필요할 것이다.

## V. 결 론

*S. mutans* biofilm에 대한 광역동 치료를 시행할 때의 최적조건을 알아보기 위해서 erythrosine의 농도와 광 조사시간 및 광감각제의 접촉시간에 따른 광역동 치료의 효과를 비교하였다.

Erythrosine의 농도를 0, 10, 20, 40, 80  $\mu\text{M}$ 로 변화시킨 결과 농도가 증가할수록 항균효과가 증가하는 경향을 보였으며 20, 40, 80  $\mu\text{M}$ 의 세 군에서 통계적 유의성이 나타났다. 광 조사시간을 0, 5, 15, 30, 60, 75초로 변화시킨 결과 조사시간이 길어질수록 항균효과가 증가하는 경향을 보였으며 30초, 60초, 75초의 세 군에서 통계적 유의성이 나타났다. erythrosine 처리시간을 0분, 1분, 2분30초, 5분으로 변화시킨 결과 erythrosine과의 접촉시간이 늘어날수록 항균효과가 증가하는 경향을 보였으며 2분30초 군과 5분 군에서 통계적 유의성을 보였다.

이상의 결과로 광감각제로 사용한 erythrosine의 농도를 20-40  $\mu\text{M}$ , 광원으로 사용한 할로겐 광증합기의 광 조사시간을 30

초 이상, 광감각제인 erythrosine을 2분30초 이상 처리하여 사용하는 것이 치아우식 예방을 위한 광역동 치료에 효과적이었다.

## References

1. Bomin Kwon, Ikhyun Bae, Shin Kim, *et al.* : Dental caries status of 14-16 year old adolescents in Yangsan area. *J Korean Acad Pediatr Dent*, 41:8-17, 2014.
2. Loe H : Oral hygiene in the prevention of caries and periodontal disease. *Int Dent J*, 50:129-139, 2000.
3. Smith DJ : Dental caries vaccines: prospects and concerns. *Crit Rev Oral Biol Med*, 13:335-349, 2002.
4. Marsh PD : Microbiologic aspects of dental plaque and dental caries. *Dent Clin North Am*, 43:599-614, 1999.
5. Francisco Ramos-Gomez, Young Jae Kim, Man-Wai Ng, *et al.* : New visions in pediatric dentistry keeping healthy teeth caries free: Pediatric cambra protocols. *J Korean Acad Pediatr Dent*, 40:72-82, 2013.
6. Hoyle BD, Costerton JW : Bacterial resistance to antibiotics : the role of biofilms. *Prog Drug Res*, 37:91-105, 1991.
7. Ka-Young Lee, Sang-Ho Lee, Nan-Young Lee : Evaluation of fluoride-releasing capacity from polyvinyl alcohol polymer tape supplemented with NaF in oral cavity. *J Korean Acad Pediatr Dent*, 40:89-97, 2013.
8. Hellwig E, Lennon AM : Systemic versus topical fluoride. *Caries Res*, 38:258-262, 2004.
9. Jongcheol Park, Howon Park, Siyoung Lee : Enhancement of erythrosine photodynamic therapy against *Streptococcus mutans* by chlorhexidine. *J Korean Acad Pediatr Dent*, 40:241-246, 2013.
10. Wesley MS, Cynthia MA, Johan EL : Photodynamic therapeutics: basic principles and clinical applications. *DDT*, 4:507-517, 1999.
11. Konopka K, Goslinski T : Photodynamic therapy in dentistry. *J Dent Res*, 86:694-707, 2007.
12. Nikolaos S. : Photodynamic therapy in the control of oral biofilms. *Periodontology 2000*, 55:143-166, 2011.
13. Juliana YN : Antibacterial photodynamic therapy for dental caries : Evaluation of the photosensitizers used and light source properties. *Photodiagnosis and Photodynamic Therapy*, 9:112-131, 2012.
14. Zanin IC, Goncalves RB : Susceptibility of *Streptococcus mutans* biofilms to photodynamic therapy: an in vitro study. *J Antimicrob Chemother* 56, 56:324-330, 2005.
15. Chan Y, Lai CH : Bactericidal effects of different laser wavelengths on periodontopathic germs in photodynamic therapy. *Lasers Med Sci*, 18:51-55, 2003.
16. Dobson J, Wilson M : Sensitization of oral bacteria in biofilms to killing by light from a low-power laser. *Arch Oral Biol*, 37:883-887, 1992.
17. Giusti JS, Snatos PL : Antimicrobial photodynamic action on dentin using a light-emitting diode light source. *Photomed Laser Surg*, 26:281-287, 2008.
18. Costa AC, Chibebe JJ : Susceptibility of planktonic cultures of *Streptococcus mutans* to photodynamic therapy with a light-emitting diode. *Braz Oral Res* 24:413-418, 2010.
19. Lee YH, Park HW, Lee JH, *et al.* : The photodynamic therapy on *Streptococcus mutans* biofilms using erythrosine and dental halogen curing unit. *Int J Oral Sci*, 4:196-201, 2012.
20. Park MS, Park HW : Susceptibility of *Streptococcus mutans* to photodynamic therapy with erythrosine and dental halogen curing unit. Gangneung: Gangneung-Wonju National University: 2011.
21. Jung JS, Park HW, Lee JH : The effect of photodynamic therapy on the viability of *Streptococcus mutans* isolated from oral cavity. *J Korean Acad Pediatr Dent*, 39:233-241, 2012.
22. Dougherty TJ, Gomer CJ : Photodynamic therapy. *J Natl Cancer Inst*, 90:889-905, 1998.
23. Okamoto H, Iwase T : Dye-mediated bactericidal effect of He-Ne laser irradiation on oral microorganisms. *Lasers Surg Med*, 12:450-458, 1992.
24. Marsh PD, Bevis RA, Newman HN : Antibacterial activity of some plaque-disclosing agents and dyes. *Caries Res*, 23:348-350, 1989.
25. Metcalf D, Robinson C, Devine D, *et al.* : Enhancement of erythrosine-mediated photodynamic therapy of *Streptococcus mutans* biofilms by light fractionation. *J Antimicrob Chemother*, 58:190-192, 2006.
26. Wood S, Metcalf D : Erythrosine is a potential photosensitizer for the photodynamic therapy of oral plaque biofilms. *J Antimicrob Chemother*, 57:680-684, 2006.

국문초록

*Streptococcus mutans* biofilm에 대한 광역동 치료의 최적조건에 관한 연구최서정<sup>1</sup> · 박호원<sup>1</sup> · 이주현<sup>1</sup> · 서현우<sup>1</sup> · 이시영<sup>2</sup><sup>1</sup>강릉원주대학교 치과대학 소아치과학교실<sup>2</sup>강릉원주대학교 치과대학 미생물학 및 면역학교실 및 구강과학연구소

할로겐 광중합기를 광원으로, 치면세균막 착색제인 erythrosine을 광감각제로 사용하여 *S. mutans* biofilm에 대한 광역동 치료를 시행할 때의 최적조건을 알아보기 위해서 erythrosine의 농도와 광조사 시간 및 광감각제의 접촉시간에 따른 광역동 치료의 효과를 비교하였다. erythrosine의 농도를 0, 10, 20, 40, 80  $\mu\text{M}$ 로 변화시킨 결과 농도가 증가할수록 항균효과가 증가하는 경향을 보였으며 40  $\mu\text{M}$ 과 80  $\mu\text{M}$ 의 두 군에서 통계적 유의성이 나타났다. 광 조사 시간을 0, 5, 15, 30, 60, 75초로 변화시킨 결과 조사 시간이 길어질수록 항균효과가 증가하는 경향을 보였으며 30초, 60초, 75초의 세 군에서 통계적 유의성이 나타났다. erythrosine 처리시간을 0분, 1분, 2분30초, 5분으로 변화시킨 결과 erythrosine과의 접촉시간이 늘어날수록 항균효과가 증가하는 경향을 보였으며 2분30초 군과 5분 군에서 통계적 유의성을 보였다. 이상의 결과로 광감각제로 사용한 erythrosine의 농도를 20-40  $\mu\text{M}$ , 광원으로 사용한 할로겐 광중합기의 광 조사시간을 30초 이상, 광감각제인 erythrosine을 2분30초 이상 처리하여 사용하는 것이 치아우식 예방을 위한 광역동 치료에 효과적임을 알 수 있다.

**주요어:** Photochemotherapy, Halogen Dental Curing Lights, Photosensitizing Agents, Erythrosine

www.kci.go.kr