

## 아르곤 레이저 광감각법의 법랑질 우식증 조기탐지 효과에 관한 연구

조선대학교 치과대학 소아치과학교실

이난영 · 이창섭 · 이상호

### Abstract

#### A STUDY ON THE EARLY DETECTION OF ENAMEL CARIES BY THE LUMINESCENCE EXCITED BY ARGON LASER

Nan-Young Lee, D.D.S., Chang-Seop Lee, D.D.S., M.S.D.,  
Sang-Ho Lee, D.D.S., M.S.D., Ph. D.

*Department of Pediatric Dentistry, College of Dentistry, Chosun University*

The aim of the present study was to describe an safe and convenient method for the early detection of enamel caries using laser fluorescence. Fluorescence from naturally carious lesion of human teeth illuminated by an argon laser(488nm) was observed and photographed using barrier filter. Intact enamel was found to fluorescence with a yellowish light. Whereas, incipient caries lesions in the enamel were clearly visible as dark areas in contrast to the fluorescence surroundings.

For evaluation of accuracy of this method, lesion depth measured by the laser fluorescence in light microscope was compared with that polarizing microscope.

The results from the present study can be summarized as follows :

1. Enamel caries of smooth surface was observed as pale white spot and undefined outline in ordinary light. Whereas, lesion was clearly visible as dark spot in laser fluorescence.
2. There was no difference between ordinary light view and laser fluorescence in occlusal surface and interproximal surface.
3. There was no significant difference between the lesion depth observed by laser fluorescence with light microscope and polarizing microscope.

Apparent correlation exists between two groups.

## I. 서 론

치아우식증의 초기 단계는 법랑질의 표면 연화단계로서 법랑질의 산 용해에 의한 탈회 발생이 일어나기 때문으로 임상적으로는 백반(white spot)이라 불리운다. 이러한 법랑질의 초기 우식 병소는 육안상으로는 주위 건전 법랑질과 잘 구별이 되지 않으며 탐침검사에도 잘 발견되지 않는 등 일상적인 임상검사시 진단하기 어려운 경우가 많다.<sup>18)</sup> 그러나 이러한 법랑질의 초기 우식병소는 불소도포나 식이조절, 치태 조절 능력 개선, 타액분비 촉진 등 여러 가지 방법으로 재광화가 가능한 것으로 알려져 있으며<sup>25)</sup> 재광화가 어려운 병소의 경우에도 그 병리적 과정을 차단하고 조기에 처치할 수 있다는 관점에서 조기 진단은 중요하다고 할 수 있다.

이와 같은 이유로 인하여 법랑질 우식증을 조기에 진단하기 위한 수많은 연구들이 시행되어 왔는데<sup>2, 5, 7, 13, 19)</sup> Friedman 등<sup>13)</sup>이 정상치질보다 우식치질이 더 많은 양의 빛을 산란시키기 때문에 투과되는 빛의 양이 감소된다는 이론에 근거한 fiber optic transillumination에 대해 보고한 이래 이 방법은 평활면 우식을 진단하는데 사용되어 오고 있다.<sup>20, 31, 39)</sup> 이와 함께 정상치질과 우식치질 사이의 대조도를 높이기 위한 방법으로 여러 가지 dye(silver nitrate, fluoresin, blue dye 등)의 사용에 관한 연구<sup>4, 20, 31, 37)</sup>가 병용되어 발전하였다.

그외에도 Bakhos 등<sup>6)</sup>은 평활면 우식병소에 iodine을 침투시켜 법랑질의 다공성 정도를 측정하는 방법을 소개하였으며, Angmar-Mansson 등<sup>3)</sup>은 치아에 강한 빛을 조사하면 초기우식병소가 주위 정상 법랑질보다 더 희게 관찰되는 light scattering에 대해 보고한 바 있다. 이밖에 Benedict 등<sup>7)</sup>이 치아에 자외선을 조사하면 정상 법랑질에서는 청백색의 형광빛이, 상아질에서는 청색의 형광빛이 나며 이러한 형광빛이 우식 치질에서는 소실된다고 보고한 이래 치아의 fluorescence 특성에 관한 연구가 다각적으로 이루어져 왔는데<sup>2, 5, 7, 12)</sup>, Larmas 등<sup>24)</sup>은 tetracyclin staining fluorescence를 이용하여

동물에서 우식병소를 측정하였고 Shrestha 등<sup>35)</sup>은 자외선을 이용하여 매우 초기 탈회병소까지 감지할 수 있다고 하였다. 그러나 이러한 자외선을 사용할 경우 유해한 자극을 차단하기 위한 광범위한 보호기전이 요구되며 복잡한 장비나 시설이 필요하다.<sup>8, 35, 36)</sup> 또한 레진 중합에 이용되었던 자외선이 푸른색의 가시광선으로 대체됨에 따라 치의학 분야에서 자외선의 사용이 사라지게 되었다<sup>31)</sup>.

그 후 통신이나 가공, 계측, 우주·항공 등에 이용되던 레이저가 의료 및 치의학 분야에 도입되면서 레이저 광감각법에 대해 새로운 관심이 모아지게 되었다.<sup>8, 16, 34, 36)</sup>

레이저 광감각법이란 레이저가 조직에 형광을 발생시키는 특성을 이용한 것으로서 분자에 일정 파장의 빛을 조사하면 에너지 준위변화에 의해 광자가 빛을 방출되는데 방출되는 빛의 색깔은 주어진 에너지에 좌우되며 이를 형광(fluorescence) 또는 발광(luminescence)이라 한다. 자외선과 마찬가지로 치아에 짧은 파장의 가시광선을 조사하면 조사된 빛보다 더 긴 파장의 fluorescense가 발생되는데 우식치질에서는 그 양이 감소되어 시각적으로 다르게 인지된다.<sup>8, 36)</sup> 여러 가지 파장의 빛을 비교 연구한 보고에 의하면<sup>36)</sup> 이러한 차이는 488nm 파장의 아르곤 레이저에서 가장 현저하게 나타난다고 하였다. 아르곤 레이저 조사시 치아에서 발생하는 fluorescence는 보통 약 540nm 파장의 yellow region으로 관찰되며 치아에서 산란되는 청색의 레이저 빛을 차단하고 순수한 fluorescence만 관찰하기 위해서는 노란색의 barrier filter를 사용해야 한다.<sup>8, 36)</sup>

1962년 Bennet에 의해 처음 개발된 아르곤 레이저는 이온화된 아르곤 가스를 활성매질로 사용하는 희귀가스이온 레이저 중의 하나로 488nm(blue light)와 515nm(green light)의 가시광선 파장을 방출한다<sup>27)</sup>. 이는 잘 휘어지는 silica-quartz 섬유를 통해 전달되어 신체 어느 부위도 쉽게 적용할 수 있으므로 안과, 이비인후과, 산부인과, 피부과 등에서 많이 사용되고 있으며 헤모글로빈이나 멜라닌, 기타 색소성 물질에 잘 흡수되는 성질을 가져 치의학

분야에서는 구강점막이나 치은조직 질환, 응고 등 연조직 질환에 이용될 수 있으며<sup>30)</sup> 레이저 조사 후 법랑질의 내산성이 증가된다는 보고<sup>14)</sup>에 따라 예방분야에서도 활발히 연구되고 있다. 또한 치아에 불소침투를 증진시키려는 시도<sup>11)</sup>나 복합레진 중합<sup>1, 23, 32)</sup>에도 그 이용이 증가되고 있으며 최근에는 아르곤 레이저가 조직에 형광을 발생시키는 특성을 이용한 치아우식 진단방법에 많은 관심을 갖게 되었다.

최근 국내에서도 임상에 레이저가 도입되고 여러분야에 그 사용이 증가되고 있음에도 불구하고 레이저를 이용한 치아우식 진단에 관한 연구는 미진한 실정이다. 이에 저자는 임상적으로 감지하기 어려운 법랑질 초기 우식병소에 낮은 강도의 아르곤 레이저를 조사하여 법랑질 초기우식증 탐지 가능여부를 평가한 결과 다소의 지견을 얻었기에 보고하는 바이다.

## II. 연구재료 및 방법

### 1. 연구재료

발거된 소구치와 대구치 중 stereoscope상에서 교합면이나 협설면 또는 인접면에 와동이 형성되지 않은 법랑질 초기우식증이 있는 것으로 판별되는 소구치 또는 대구치 20개를 대상으로 선정하였다.

본연구에 사용된 레이저는 488nm 파장, continuous wave의 Argon laser(HGM, SPECTRUM™)로서 광섬유의 직경은 600 $\mu$ m이고 0.3 W 출력으로 사용하였다.

### 2. 연구방법

1) 실험 I : 레이저 광감각법의 육안소견평가

Stereoscope 상에서 평활면 또는 교합면에 법랑질 초기 우식증이 있는 것으로 판별되는 소구치 또는 대구치 20개를 선택하여 먼저 치아에 부착된 연조직을 기계적으로 제거하고 불소가 없는 pumice와 rubber cup으로 연마한 다음 증류수에 넣어 1분간 초음파 세척하고 2% thymolized saline에 보관하였다.

치과 진료대에 부착된 일반 광선하에서 젖은

상태의 협설면과 인접면, 교합면을 각각 육안으로 관찰한 다음 압축공기로 건조시켜서 관찰하였다. 인접면 우식증 탐지여부를 평가하기 위해 인접면에 초기우식이 존재하는 두 개의 치아를 접촉시켜 고정하여서 자연치열을 재현하여 관찰하였다. 동일치면에 대해 청색의 Argon laser(continuous wave, 488nm wave length, 0.3W power)를 조사하여 젖은 상태와 건조 상태의 fluorescence를 각각 관찰하였다.

치아에서 산란되는 청색의 레이저 빛을 차단하고 순수한 fluorescence light만 관찰하기 위해서는 barrier filter가 요구되는데 본 실험에서는 520-5400nm의 빛만 투과시키고 그 외 파장을 차단하는 특수 유리를 filter로 사용하였다(Fig. 1). 치과진료대에 부착된 일반 광선하에서 관찰한 육안소견과 레이저 조사하에서 관찰되는 fluorescence를 각각 사진촬영하여 비교하였다. 레이저 fluorescncce 촬영시에도 카메라에 동일한 filter를 장착하였다.

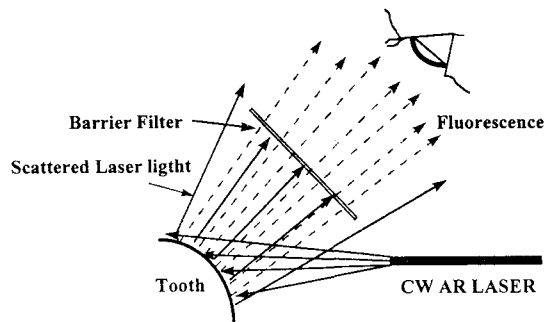


Fig.1. Principle of laser excitation and observation of luminescence

2) 실험 II : 레이저 광감각법의 정확도 평가

레이저 fluorescence가 실제 병소를 어느정도 정확하게 감지할 수 있는지 여부를 평가하기 위해 치아를 절단하여 시편을 제작한 다음 치아우식증의 조직학적 진행정도를 편광현미경으로 관찰하여 이를 대조군으로 하고, 레이저 fluorescence하에서 관찰한 광학현미경 소견을 실험군으로 하였다.

### ①시편제작

각 치아를 병소의 중앙부를 지나도록 low speed diamond wheel saw (South Bay Tech., USA.)를 이용하여 근원심 또는 협설로 절단하였다. 약 1mm 두께로 절단된 치아를 240. 600 grit SiC 연마지가 부착된 연마기(OMNILAP 2000™, South Bay Tech., USA)를 이용하여 연마하여 20개의 시편을 제작하였다. 연마후 시편을 흐르는 물에 세척한 다음 증류수로 1분간 초음파 세척하였다.

### ②편광현미경(Olympus, Japan)과 컴퓨터 영상분석장치를 이용한 우식병소의 조직학적 관찰(Fig.2)

준비된 시편을 편광현미경(×40)으로 관찰하여 이 소견을 CCD 카메라를 통해 컴퓨터에 영상 file로 저장하고 영상의 양상을 분석할 수 있는 컴퓨터 program(Image Pro Plus™, Media cybernetics Co., USA)을 이용하여 병소의 깊이를 측정하였다. 병소의 깊이는 표면에서부터 가장 깊은 부위까지 표면에 수선을 그어 측정하였으며 각각 3번씩 측정하여 평균치를 산출하였다.

### ③레이저 fluorescence 관찰(Fig. 2)

동일시편의 동일 병소에 대해 아르곤 레이저(continuous wave, 488nm wave length, 0.3W power)를 조사하면서 광학현미경(×40)으로 관찰하였다. 이 소견을 CCD 카메라를 통해 컴퓨터에 영상 file로 저장하고 Image pro plus™를 이용하여 병소의 깊이를 측정하였다. 병

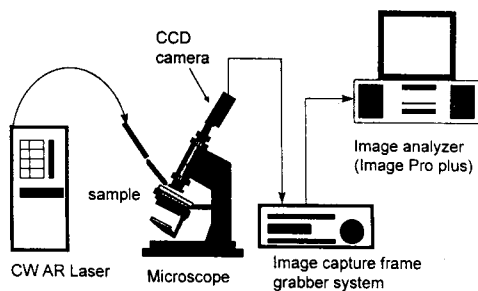


Fig. 2. Schematic drawing of experimental design

소의 깊이는 표면에서부터 가장 깊은 부위까지 표면에 수선을 그어 측정하였으며 각각 3번씩 측정하여 평균치를 산출하였다.

### ④통계적 분석

SAS program중 Wilcoxon's signed rank test를 이용하여 두 군간의 유의성을 검증하고 상관 관계를 분석하였다.

## III. 연구성적

### 1) 실험 I : 레이저 광감각법의 육안조건

치과진료대에 부착된 일반광선하에서 관찰된 평활면 법랑질 초기 우식병소는 젓은 상태에서는 잘 구별되지 않거나 회미한 백색으로 관찰되었으며 압축공기로 건조시 유약하고 다공성의 경계가 불분명한 백색병소로 관찰되었다. 레이저 조사시 정상 법랑질은 노란색의 형광 빛을 발하나 이와 대조적으로 법랑질 우식병소는 어두운 검은 점으로 관찰되며 경계가 명확하였다(Fig. 3, 4, 5). 레이저 fluorescence에서 치아의 건조 유무는 영향을 미치지 않았다.

교합면 초기우식과 인접면 우식은 일반광선에 비해 레이저 조사시 뚜렷한 차이가 관찰되지 않았다(Fig. 6, 7).

### 2) 실험 II : 레이저 광감각법의 정확도 평가

편광현미경상에서 측정된 병소의 깊이(Fig. 8)와 레이저 조사시 광학현미경상에서 측정된 병소의 깊이(Fig. 9)를 비교 분석한 결과 두 군간에는 유의한 차이가 없었으며 서로 강한 상관관계를 보였다(Table1).

## IV. 총괄 및 고안

레이저는 아인슈타인이 발표한 복사유도 방출론을 근거로 개발된 새로운 광선으로 유도 방출에 의한 빛의 증폭(Light Amplification by stimulated Emission of Radiation)에 의해 인위적으로 만들어진 단일 주파수의 고도의 규칙성을 갖는 빛이다<sup>27)</sup>. 1954년 Townes등이

Table 1. Comparison of lesion depth observed by Laser fluorescence with light microscope and polarizing microscope.

	Mean( $\mu\text{m}$ )	SD	Probability	Correlation coefficient( $\gamma$ )
Laser fluorescence	792.18	420.03	0.57	0.95
Polarizing microscope	798.63	364.31		

\*statistically significance :  $P < 0.05$

암모니아 가스를 사용하여 레이저의 전단계인 MASER(Microwave Amplification of the stimulated Emission of Radiation)을 개발하였으며 60년대 초 Maiman<sup>26)</sup>이 루비결정을 이용한 최초의 레이저인 루비레이저를 소개한 이래 여러 종류의 레이저가 개발되어왔다.

레이저를 방출물질인 매질(active medium)에 따라 분류하면 크게 기체레이저( $\text{CO}_2$ , Argon, Krypton, Excimer, HeNe)와 고체레이저(Ruby, Nd : Yag, Ho : Yag, Er : Yag), 그리고 액체레이저(Dye) 및 반도체 레이저로 구분할 수 있다. 이중 1962년 Bennet에 의해 처음 개발된 아르곤 레이저는 이온화된 아르곤 가스를 활성매질로 사용하는 희귀가스이온 레이저 중의 하나로 488nm(blue light)와 515nm(green light)의 가시광선 파장을 방출한다<sup>27)</sup>. 이는 잘 휘어지는 silica-quartz 섬유를 통해 전달되어 신체 어느 부위도 쉽게 적용할 수 있으므로 안과, 이비인후과, 산부인과, 피부과 등에서 많이 사용되고 있으며 헤모글로빈이나 멜라닌, 기타 색소성 물질에 잘 흡수되는 성질을 가져 치의학 분야에서는 구강점막이나 치은조직 질환, 응고 등 연조직 질환에 이용될 수 있고<sup>30)</sup> 레이저 조사 후 법랑질의 내산성이 증가된다는 보고<sup>14)</sup>에 따라 예방분야에도 활발히 이용되고 있다. 또한 치아에 불소침투를 증진시키려는 시도<sup>11)</sup>나 복합레진 중합<sup>1, 23, 32)</sup>에도 그 이용이 증가되고 있으며 최근에는 아르곤 레이저가 조직에 형광을 발생시키는 특성을 이용한 치아 우식 진단방법에 많은 관심을 갖게 되었다.

레이저 광감각법이란 이와 같이 레이저가 조직에 형광을 발생시키는 특성을 이용한 것

으로서 분자에 일정 파장의 빛을 조사하면 이 분자는 더 높은 에너지 준위로 이동되며 이 과정을 여기라 하며 이때의 분자를 여기상태라 한다. 여기된 분자는 자연적으로 안정적인 기저상태로 되돌아 가려는 성질을 갖는데 이때 광자가 빛으로 방출되며 이를 형광 또는 발광이라 한다. 이와 같은 분자의 여기에는 자외선이나 짧은 파장의 가시광선의 조사가 필요하다. 치아에 적외선을 조사하였을 때 형광이 발생됨에 대해서는 오래전부터 널리 알려져 왔으며 우식치질과 건전치질에서 그 차이를 규명한 많은 연구들이 있었다<sup>5, 7, 19, 20)</sup>. 그러나 레진의 중합에 이용되던 자외선이 그 위해성 때문에 가시광선으로 대체되면서<sup>31)</sup> 치의학분야에서 자외선의 사용이 사라지고 대신 치과계에 새롭게 도입된 레이저를 이용한 광감각법이 소개되었다.

Bjëlkhagen은<sup>8)</sup> 법랑질 초기 탈회 병소에 낮은 강도의 아르곤레이저를 조사하면 노란 형광빛을 발하는 주위 정상법랑질에 비해 탈회병소가 어두운 검은 점으로 관찰된다고 하였으며 실제 우식증 유무를 microradiography로 확인한 결과 laser fluorescence가 법랑질 우식을 조기에 탐지하는 안전하고도 편리한 방법이라고 하였다. 그 후 Sundström등<sup>36)</sup>은 laser fluorescence에 관한 spectroscopic study에서 여러 가지 다른 파장의 레이저 빛을 비교하였는데 337nm UV 레이저 조사시 약 400nm 파장의 fluorescence가 발생하였고 우식치질에서는 이의 강도가 감소되었으며 633nm의 He-Ne 레이저에서는 가시광선 영역의 fluorescence를 얻을 수 없었다고 하였다. 반면, 488nm 아르곤 레이저를 사용할

때 약 540nm 파장의 fluorescence가 발생하며 우식치질과 정상치질 사이의 차이는 이 파장의 빛에서 가장 뚜렷하게 나타나므로 488nm 아르곤 레이저가 우식진단에 가장 유용한 파장임을 보고하였다.

1991년 Hafström 등<sup>16)</sup>은 우식유발성 식이 요법을 시행한 동물실험에서 레이저 fluorescence의 우식 감지 능력에 대해 보고하였는데 15-20일간 sucrose를 섭취한 쥐 50마리를 검사한 결과 일반광선 하에서 관찰된 우식병소는 쥐 한 마리당 29.1면, laser fluorescence시 판별되는 우식병소는 39.6면으로서 레이저 fluorescence의 사용은 동물실험에서도 범랑질 초기 우식을 손쉽게 정확하게 탐지할 수 있다고 하였다. 최근에는 Hafström 등<sup>17)</sup>과 De Josselin 등<sup>10)</sup>이 computer program을 이용하여 우식병소에서 fluorescence의 감소정도에 따른 광물질 소실정도를 측정하는 방법에 대해 보고하여 우식병소의 양적인 측정이 가능하다고 하였다.

빛을 이용하여 치아우식을 진단하는 방법으로는 지금까지 transillumination이 사용되어 왔는데 광섬유를 통해 전달되는 강한 빛을 치아 반대편에 조사하여 투과되어 나오는 빛을 관찰하는 방법인 transillumination은 어느정도 진전된 우식병소를 진단하는데 있어서는 저렴한 비용으로 짧은 시간에 행할 수 있으며 방사선 조사량을 줄일 수 있다는 장점을 갖지만, 범랑질에 국한된 초기 우식증에는 덜 민감하다는 단점을 갖는다<sup>4, 13, 18, 31, 39)</sup>. Transillumination에 대한 fluorescence의 가장 큰 차이점은 관찰하는 빛이 조사된 빛이 아니라 치질 자체에 기인된 빛을 관찰하며 이 빛의 차이는 탈회 정도와 연관되어 있다는 것이다. 그러므로 빛이 조사되는 방향에 크게 영향을 받지 않으며 transillumination이 어려운 구치부에도 쉽게 접근할 수 있다. 또한 정상치질과 우식치질 사이에 명암의 차이가 커서 초기 우식증까지도 민감하게 진단할 수 있다는 장점이 있다<sup>36)</sup>.

사회 및 경제의 선진화에 따라 세계적으로 치아우식증의 유병율이 감소되고 있는 추세이긴 하지만 여전히 아동과 청소년기 동안 치아우식증은 심각하게 고려되어야 할 질병중의 하

나이 연구에 의하면 17세의 미국 청소년중 우식이 없는 어린이는 15%에 불과하다고 하였다<sup>22)</sup>. 이러한 치아우식증을 조기에 발견하여 불소도포나 식이조절, 치태조절 능력개선, saliva flow 증진등 적절한 예방처치를 시행할 경우 재광화가 가능할 수 있으며<sup>25)</sup> 또한 아르곤 레이저 조사 자체도 항우식효과가 있다는 많은 보고가 있다<sup>11, 14, 21)</sup>. Hicks 등<sup>21)</sup>은 아르곤 레이저를 0.25W로 10초간 조사하였을 때 인공 우식 용액에 대한 항우식효과가 대조군에 비해 유의하게 증가되었으며 그 이유는 organic, carbonate, water 등의 감소로 산에 대한 내성이 증가되기 때문이라고 설명하였다. Goodman은<sup>14)</sup> NaF와 함께 레이저 치료를 받은 범랑질은 불소의 침착이 증가되며 내산성이 증가하였다고 보고하였으며, Flaitz는<sup>11)</sup> 아르곤 레이저를 조사하기 전후에 각각 APF를 도포한 후 이의 효과를 비교하였는데 대조군에 비해 아르곤 레이저와 APF를 복합하여 사용한 경우 유의하게 항우식효과가 증가되었다고 보고하였다. 그러므로 치아우식증을 탐지하기 위한 아르곤 레이저 조사후 불소도포는 초기 치아우식증의 재광화 뿐 아니라 예방효과도 얻을 수 있을 것으로 사료된다.

레이저를 사용할 때 임상에서 고려하여야 할 또다른 사항은 술자와 환자에 대한 레이저의 유해 작용인데 Powell 등<sup>33)</sup>의 보고에 의하면 1.6-6.0W의 다양한 강도로 치아에 아르곤 레이저를 조사하여 실험한 결과 범랑질 표면이나 치수의 열자극 등 유해한 효과가 나타나지 않았으며, 치은에 대한 레이저의 부작용을 조사한 Brenneise의<sup>9)</sup> 보고에 의하면 레이저 조사후 일시적으로 결체조직의 초자화가 나타났으나 72시간 후 거의 사라졌으며 연조직에 대한 부작용은 거의 없었다고 하였다. 또한 술자와 보조자의 눈에 대한 위험성에 대한 보고에서는 레이저의 섬광이 눈에 불편함을 주지만 보안경을 장착한 경우 눈에 대한 위험은 거의 없다고 보고하였다. 이를 종합하여보면 결론적으로 광중합이나 우식탐지, 또한 우식예방 등에 사용되는 낮은 강도의 아르곤 레이저는 술자나 환자에게 위해 작용이 거의 없는 매우 안전한 방법이라 할 수

있다.

본 실험에서는 육안으로 관찰하기 어려운 법랑질 초기 우식병소를 탐지하는데 있어 다른 복잡한 과정 없이 빠르고 편리하게 사용할 수 있는 방법으로서 아르곤 레이저를 평가하고자 하였다. 레이저 fluorescence에 타액의 존재는 영향을 미치지 않는 것으로 생각되므로 치면을 건조시키기 위한 불편한 작업을 생략할 수 있으며 초기 우식증의 시각성을 높임으로써 환자나 보호자의 동기유발을 끌어낼 수 있으며 술자 자신의 견해 또한 증진시킬 수 있을 것으로 사료된다.

본 실험에서 평활면 우식의 경우 레이저 조사시 그 시각성이 현저하게 증진되었으나 교합면우식이나 레이저 광선과 직접 접촉할 수 없는 인접면 우식의 경우에는 일반광선하에서의 소견과 큰 차이를 보이지 않았다. 이는 병소 부위에 레이저가 직접 조사될 수 없다는 점이나 소와 및 열구의 착색여부, 적절한 적응증의 선택 등 여러 가지 요소에 좌우될 것으로 생각되며 이에 대해서는 더 많은 연구가 필요할 것으로 사료된다.

또한 발거된 자연치에 자연적으로 존재하는 우식병소를 관찰하였기 때문에 병소의 깊이는 200-1300 $\mu\text{m}$  로 다소 깊은 병소까지 다양하게 존재하였으나 어느정도 깊이의 병소부터 감지 가능한지 여부에 관해서는 규명하지 못하였으며, 병소의 진행정도에 따른 fluorescence의 소실정도를 양적으로 측정하는 부분에 대해서도 더 많은 연구가 진행되어야 할 것으로 사료된다.

## V. 결 론

레이저 광감각법의 법랑질 초기 우식증 탐지 가능 여부를 평가하기 위해 stereoscope 상에서 법랑질 초기 우식증이 있는 것으로 판별된, 발거된 자연치 20개에 대해 레이저 fluorescence 소견을 육안으로 관찰하였으며 이러한 레이저 광감각법의 정확도를 평가해 보고자 각 치아를 절단하여 시편을 제작한 다음 편광현미경 상에 관찰되는 우식병소의 깊이와 레이저 조사시 광학현미경 상에서 관찰되는 병소의 깊이를

비교하여 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 일반 광선하에서 평활면의 법랑질 초기 우식병소는 잘 구별되지 않거나 희미한 백색으로 관찰되며 경계가 불분명하였으며 레이저 fluorescence시 주위 정상 법랑질과 뚜렷하게 대비되는 검은 점으로 관찰되며 경계를 명확하게 구별할 수 있었다.
2. 인접면과 교합면의 우식병소는 육안소견과 레이저 fluorescence시 큰 차이를 보이지 않았다.
3. 편광현미경상에 관찰되는 실제 조직학적 병소의 깊이와 레이저 fluorescence시 구별되는 병소의 깊이 사이에는 유의한 차가 없었으며( $P>0.05$ ), 두 군간에 서로 강한 상관관계를 보였다( $\gamma=0.95$ ).

이상의 결과를 종합하여 보면 레이저 fluorescence는 평활면의 초기 우식병소를 안전하고 편리하게 감지하는 진단방법으로 유용하게 사용될 수 있을 것으로 사료된다.

## 참고문헌

1. 전상언, 김용기 : “가시광선과 아르곤 레이저에 의한 복합레진 중합효과의 비교연구”, “대한소아치과 학회지”, 23(2) : 327-346, 1996
2. Alfano, R.R. and Yao, S.S. : “Human teeth with and without dental caries, studied by visible luminescent spectroscopy.”, J. Dent. Res., 80 : 120-122, 1981.
3. Angmar-Månsson, B. and ten Bosch J.J. : “Optical methods for the detection and quantification of caries”, Adv. Dent. Res., 1 : 14-20, 1987.
4. Angmar-Månsson, B. and ten Bosch J.J. : “Advances in Methods for diagnosing coronal caries - A review”, Adv. Dent. Res., 7(2) : 70-79, 1993.
5. Armstrong, W.G. : “Fluorescence characteristics of sound and carious Human den-

- tin preparations", *Arch. Oral. Biol.*, 8 : 79–90, 1963.
6. Bakhos, Y., Brundevold, F. and Aasenden, R. : "In vivo estimation of the permeability of surface human enamel", *Arch. Oral. Biol.*, 22 : 599–603, 1977.
  7. Benedict, H.C. : "Note on the fluorescence of teeth in ultra-violet rays.", *Science.*, 67 : 442, 1928.
  8. Bjelkhagen, H., Sundström, F., Angmar-Månsson, B. and Rydén, H. : "Early detection of enamel caries by the luminescence excited by visible laser light", *Swed. Dent. J.*, 6 : 1–7, 1982.
  9. Brenneise, C. and Blankenau, R. : "Soft tissue response when expose to argon laser resin polymerization", *J. Den. Res.*, 74 (AADR Abst) #1748, 1995.
  10. De Josselin de Jong E., Sundström, F., Westerling, H., Tranaeus, S., tenBosch J.J. and Angmar-Månsson, B. : "A New Method for in vivo Quantification of changes in Initial Enamel caries with Laser Fluorescence", *Caries Res.*, 29 : 2–7, 1995.
  11. Flaitz, C.M., Hicks, M.J., Westerman, G.H., Berg, J.H., Blankenau, R.J., Powell, G.L. : "Argon laser irradiation and acidulated phosphate fluoride treatment in caries like lesion formation in enamel: in vitro study", *Pedia Dent.*, 17(1), 31–35, 1995.
  12. Foreman, P.C. : "The excitation and emission spectra of fluorescent components of human dentin", *Archs. Oral. Biol.*, 25 : 641–647, 1980.
  13. Friedman, J. and Marcus, M.I. : "Transillumination of the oral cavity with use of fiber optics", *J. Am. Dent. Assoc.*, 80 : 801–809, 1970.
  14. Goodman, B.D., Kaufamn, W. : "Effects of an Argon laser on the crystalline properties and rate of dissolution in acid of tooth enamel in the presence of sodium", *J. Dent. Res.*, 56(10) : 1201–1207, 1977.
  15. Hall, L.M., Chaudhry, S.I. and White, J.M. : "Spectrophotometric analysis of deciduous dentin", *J. Dent. Res.*, 75(spec iss), 197, 1996.
  16. Hafström-Björkman, U., Sundström, F., Angmar-Månsson, B. : "Initial caries diagnosis in rat molars, using laser fluorescence", *Acta. Odontol. Scand.*, 49 : 27–33, 1991.
  17. Hafström-Björkman, U., Sundström, F., de Josselin de Jong, E., Oliveby, A. and Angmar-Månsson, B. : "Comparison of laser fluorescence and longitudinal microradiography for quantitative assessment of in vitro enamel caries", *Caries Res.*, 26 : 241–247, 1992.
  18. Harless, J.D. and Wefel, J.S. : "Comparison of artificial white spots by microradiography", *J. Dent. Res.*, 63 : 1271–2180, 1984.
  19. Hartles, R.L. and Leaver, A.G. : "The fluorescence of teeth under ultraviolet irradiation", *Biochem. J.*, 54 : 632–638, 1953.
  20. Heffenen, J.J., Cooly, R.O., Hall, J.B., Olsen, N.H. and Lyon, H.W. : "Use of ultraviolet illumination in oral diagnosis", *J.A.D.A.*, 82 : 1353–1360, 1971.
  21. Hicks, M.J., Flaitz, C.M., Westerman, G.H., Blankinau, R.J., Powell, G.L. and Berg, J.H. : "Caries-like lesion initiation and progression around laser cured sealants", *Am. J. Dent.*, 6(4) : 176–179, 1993.
  22. Hicks, M.J. and Flaitz, C.M. : "Epidemiology of dental caries in the pediatric and adolescent population: a review of past and current trends.", *J. Clin. Pediatr. Dent.*, 18 : 43–49, 1993.
  23. Kelsey, W.P., Blankenau, R.J., Powell, G.L., Barkmeier, W.W. and Whisenant, B.K. : "Enhancement of physical properties of

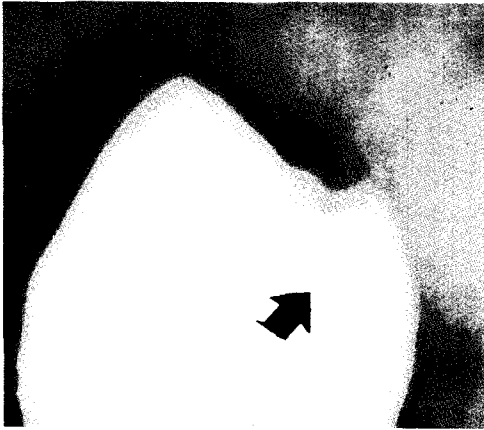


- resin restorative materials by laser polymerization", *Lasers Surg. Med.*, 9(6), 623–627, 1989.
24. Larmas, M. and Kortelainen, S. : "Quantification of the areas of dentinal lesions and secondary dentin in fissures of rat molars", *Caries Res.*, 23 : 32–35, 1953.
  25. Levine, R.S. : "Remineralization of natural carious lesion on enamel", *Brit. Dent. J.*, 137 : 132–141, 1974.
  26. Maiman, T.H. : "Stimulated optical radiation in ruby", *Nature*, 187 : 493–502, 1960.
  27. Miserendino, L.J. and Pick, R.M. : "Lasers in dentistry", Quintessence Publishing Co., Inc., 1985.
  28. Mitropoulos, C.M. : "A comparison of fiber optic transillumination with bisecting radiographs", *Br. Dent. J.*, 159 : 21–24, 1985.
  29. Naleway, C.A., Webster, D., Wazniak, W.T., Reynolds, S., Mrjenovich, D. and Mengeot, M.M. : "Assessment of demineralization using luminescence", *J. Den. Res.*, 58 (IADR Abast), : 136, 1979.
  30. Neuman, R.A. and Knobler, R.M. : "Treatment of oral mucous cysts with an Argon Laser", *Arch. Dermatol.*, 126(6), 829–830, 1990.
  31. O'Brien, W.J., Yee, J., Dennison, J.B., Johnston, W.M., Stefanski, R., Yee, W.J. and Fanian, F. : "The applicaion of blue polymer curing lights for diagnositic transillumination", *J.A.D.A.*, 106 : 839–842, 1983.
  32. Powell, G.L., Kelsey, W.P., Blankenau, R.J., Barkneier, W.W. : "The use of an Argon laser for polymerization of compostie resin", *Esthetic Dentistry.*, 78–81, 1989.
  33. Powell, G.L., Morton, T.H. and Whisenant, B.K. : "Argon laser oral safety parameters for teeth", *Lasers in surgery and Medicine*, 13 : 548–552, 1993.
  34. Schemehorn, B.R., Stookey, G.K. : "Sodium fluorescein and Laser fluorescence for detection of Incipient lesions", *J. Dent. Res.*, 75(spec iss) : 85, 1996.
  35. Shrestha, B.M. : "Use of ultraviolet light in early detection of smooth surface carious lesions in Rats", *Caries. Res.*, 14 : 448–451, 1980.
  36. Sundström, F., Fredriksson, K., Montán, S., Hafström-Björkman, U. and Ström, J. : "Laser induced fluorescence from sound and carious tooth subatance ; spectroscopic studies", *Swed. Dent. J.*, 9 : 71–80, 1985.
  37. Van de Rijke, J.W. : "Use of dyes in cariology", *Int. Dent. J.*, 41 : 111–116, 1991.
  38. Willenborg, G.C. : "Dental Laser application", *Lasers in Surgery and Medicine.*, 9 : 309–313, 1989.
  39. Wright, G.Z., Simon, I. : "An evaluation of transillumination for caries detection in primary molars", *J. Dent. Child.*, 199–202, 1972.

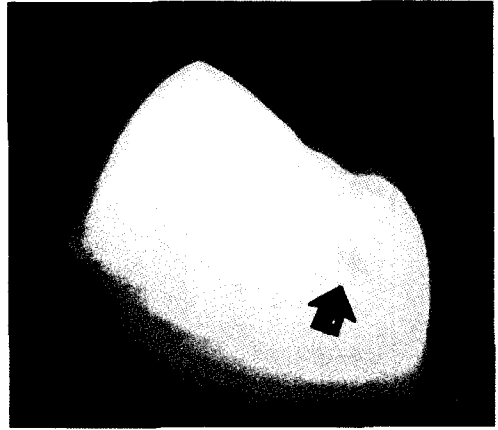
## Explanation of Figures

- Fig. 3-1. Proximal surface of an extracted human teeth with an initial carious lesion photographed in ordinary light. Carious lesion was almost not observed
- Fig. 3-2. Laser fluorescence of the same surface.  
Carious lesion was clearly visible as dark area in contrast to the fluorescence surroundings.
- Fig. 4-1. Proximal surface of an extracted human teeth with an initial carious lesion photographed in ordinary light. Carious lesion was observed as pale white spot and undefined outline.
- Fig. 4-2. Laser fluorescence of the same surface.  
Carious lesion was clearly visible as dark area in contrast to the fluorescence surroundings.
- Fig. 5-1. Buccal surface of an extracted human teeth with an initial carious lesion photographed in ordinary light. Carious lesion was observed as pale white spot and undefined outline.
- Fig. 5-2. Laser fluorescence of the same surface.  
Carious lesion was clearly visible as dark area in contrast to the fluorescence surroundings.
- Fig. 6-1. Occlusal surface of an extracted human teeth with an initial carious lesion photographed in ordinary light. Carious lesion was showed black line and white spot.
- Fig. 6-2. Laser fluorescence of the same surface.  
There was no difference with ordinary light view.
- Fig. 7-1. Interproximal surface of an extracted human teeth with an initial carious lesion photographed in ordinary light. Carious lesion was not observed.
- Fig. 7-2. Laser fluorescence of the same surface.  
Carious lesion was not observed.
- Fig. 8. Polarizing microscopic view of carious lesion( $\times 40$ )  
Lesion depth was measured by the computerized image analyzer (Image Pro Plus™).  
Mean depth was  $798\mu\text{m}$ .
- Fig. 9. Light microscopic view( $\times 40$ ) (Illuminated by the Argon laser) Lesion depth was measured by the computerized image analyzer (Image Pro Plus™).  
Mean depth was  $792\mu\text{m}$ .

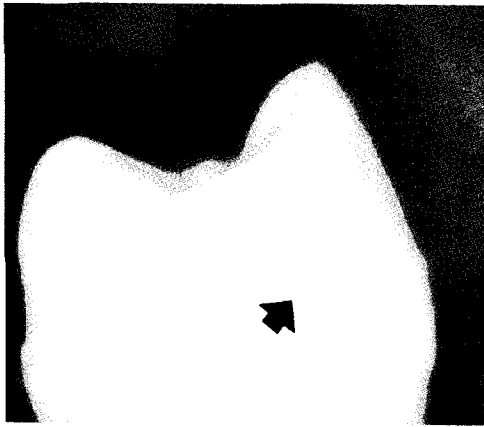
사진부도 1



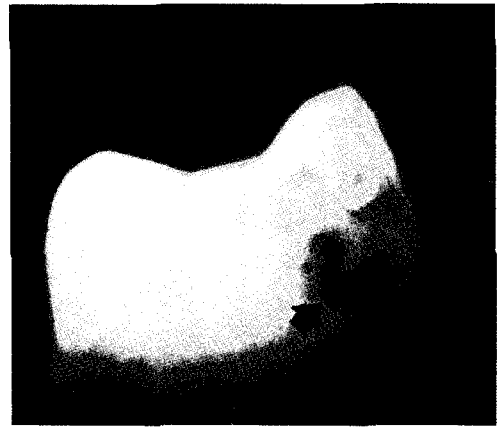
<Fig. 3-1>



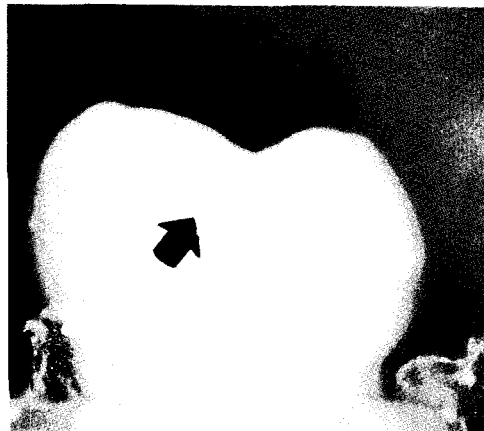
<Fig. 3-2>



<Fig. 4-1>



<Fig. 4-2>



<Fig. 5-1>

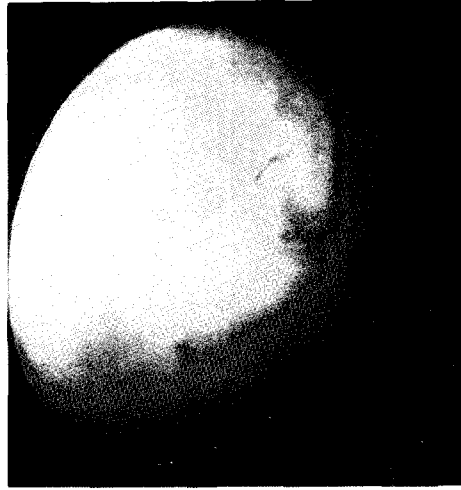


<Fig. 5-2>

사진부도 2



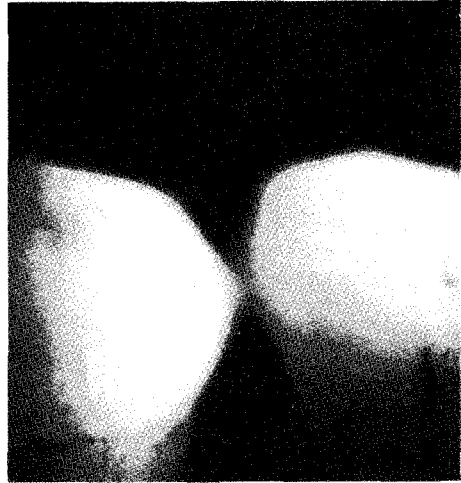
<Fig. 6-1>



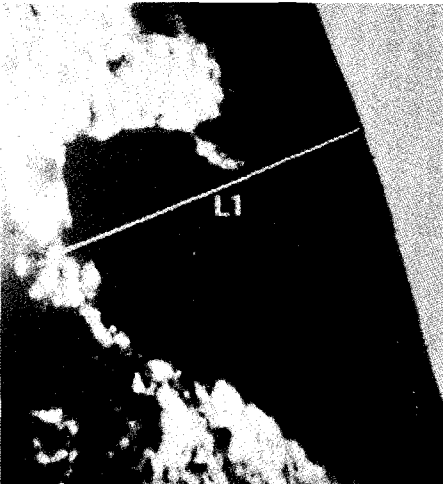
<Fig. 6-2>



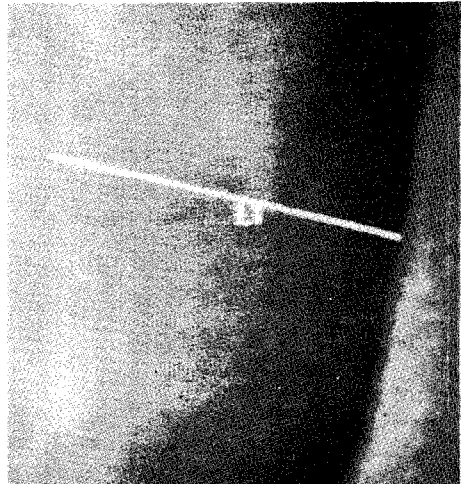
<Fig. 7-1>



<Fig. 7-2>



<Fig. 8>



<Fig. 9>