

## 치아우식증의 조기진단을 위한 고감도 우식활성검사 모형개발

이상호 · 이창섭

조선대학교 치과대학 소아치과학교실

### 국문초록

초기 우식병소와 건전한 치질은 광학적 특성이 다르다는 사실에 근거하여 치과 치료용으로 개발된 가시광선 영역의 아르곤 레이저의 형광현상, 즉 물체에 조사되어 반사된 빛은 물체의 광학적 특성에 따라 파장이 달라지는 특성을 이용하여, 우식 치질과 건전한 치질간의 광학적 특성의 차이를 아르곤 레이저 빛을 통한 색조의 차이로 유도·전환하는 시스템을 개발하고 이를 이용하여 초기 치아우식 병소를 조기에 시각적으로 탐지하여 data화 하는 새로운 우식활성검사법을 개발하는데 본 연구의 목적이 있다. 연구는 3단계로 나누어 1단계는 아르곤 레이저 형광법의 초기 우식병소 탐지능력을 평가하였으며 2단계는 임상에서 아동들을 대상으로 아르곤 레이저 형광법을 이용하여 초기 우식병소가 있는 치아의 갯수를 집계하고 이 수치에 대한 우식활성검사법인 Cariescreen® test, 그리고 일종의 구강환경검사인 우식경험치아의 수(dDffT) 검사와의 상관성을 평가하였다. 3단계는 이와 같은 자료를 기준으로 하여 레이저 형광법을 이용하여 검사할 수 있는 새로운 우식활성검사 모델을 만들고 이와 같은 검사법의 민감도, 타당도, 진단력 등을 분석하여 진단학적 측면에서 활용 가능성을 평가하고자 하였으며 그 결과는 다음과 같다.

초기 우식병소의 조직학적 깊이가 증가될수록 레이저 형광법을 이용하여 측정된 광밀도가 증가하였으며 이들 사이에는 높은 상관관계(=0.7015)가 있었다. 또한 통계학적으로 회귀분석을 시행한 결과 병소의 깊이와 광밀도와 사이에는 정비례 관계의 직선방정식 관계를 나타내었다. 레이저 형광법을 이용한 우식활성검사법은 Cariescreen® test 그리고 dDffT 검사 등과 높은 상관관계를 나타냈다. 또한 레이저 형광법을 이용한 우식활성 검사법은 dDffT 검사를 기준으로 48%의 민감도, 52%의 특이도, 45%의 진단력을 보였으며 Cariescreen® test를 기준으로 48%의 민감도, 51%의 특이도, 36%의 진단력을 보였다. 이상의 결과를 종합하면 레이저 형광법을 이용하여 측정된 초기 우식병소의 광밀도는 실제 초기우식병소의 조직학적 병소의 깊이를 평가하는데 높은 진단학적 신뢰성을 보여주고 있으며 레이저 형광법을 이용한 우식활성검사는 진단학적 지표를 기준으로 볼 때, 그리고 검사절차와 시간, 비용 등의 면으로 볼 때 향후 임상적으로 활용 가능성이 높은 것으로 사료된다.

**주요어 :** 광 밀도, 레이저 형광법, 우식활성검사, 초기우식병소

### I. 서 론

치아우식증은 여러 가지 요인이 복합적으로 작용하여 발생하는 질환으로, 질환의 초기단계는 법랑질의 표면의 연화단계로서, 법랑질이 산의 용해작용에 의해 탈회기 일어나기 시작하는 단계이다. 이러한 법랑질의 초기 우식 병소는 육안상으로는 주위 건전 법랑질과 잘 구별이 되지 않으며 탐침 검사에도 잘 발견되지 않는 등 일상적인 임상 검사이 진단하기 어려운 경우가

많다<sup>1)</sup>. 임상적으로 초기우식증은 치면을 완전히 건조시켰을 때 흰색의 chalky한 형상을 보이고 있음으로 인해 백반(white spot)이라 불리우기도 한다. 그러나 이러한 법랑질의 초기 우식 병소는 불소도포나 식이조절, 치태조절 능력의 향상 등의 구강 위생상태를 개선시켜 주므로써 재광화(reminerlization)를 통한 원 상태로의 복구가 가능한 것으로 알려져 있다<sup>2,3)</sup>. 따라서 이와 같은 초기우식병소의 조기 발견과 함께 초기우식병소가 유발될 수 있는 가능성이 높은 개인을 선별하여 집중적인 예방

\* 본 연구는 1998년 한국과학재단 핵심전문연구(981-0711-086-1) 지원으로 수행되었음

처치를 시행할 경우 치아우식증 이환율을 효율적으로 감소시킬 수 있다.

이와 같은 개개인의 우식 발생 가능성을 추정하는 한 방법으로 우식활성검사법이 활용되고 있다. 현재까지 치아우식활성도를 측정하기 위한 검사법으로 1940년대 Snyder<sup>4)</sup>가 고안한 Snyder 검사법이 오랫동안 이용되고 있으며 근래에는 이 방법을 더욱 개선시킨 개량형 스나이더 검사법(Cariestat<sup>®</sup>)이 사용되어 오고 있다<sup>5-7)</sup>. 그러나 이와 같은 검사법들은 구강내 우식증을 유발하는 주된 산 생성 세균이 *Lactobacillus* 라는 전제하게 고안된 것이나 최근에는 초기 우식병소의 유발에는 *Mutans streptococci*이 역할이 더 크며 *Lactobacillus*는 우식병소의 진행에 더 관계한다는 사실이 밝혀지면서<sup>8,9)</sup>, *Mutans streptococci*만 선택적으로 배양하여 측정하는 우식활성검사법(Cariescreen<sup>®</sup> test)이 개발되어 소개되고 있다. 그러나 이와 같은 방법 모두가 24시간 동안 타액 내 세균을 배양을 해야하므로 기본적인 재료와 장비가 필요하며 비용이 적지 않고 과정상의 복잡한 문제가 있다. 또한 검사결과 판독이 검사 당일 이루어지지 못한다는 불편함이 제기되고 있다.

그러나 무엇보다도 가장 중요한 문제점은 위와 같은 기존의 우식활성검사법들은 오직 구강 내에 존재하는 세균의 활성도만 측정하므로써 실제 치아우식에 관여하는 다른 요소들, 즉 개개 치아의 석회화(광화도), 타액의 성분 및 점도 등을 배제한 상태이므로 검사의 신뢰도와 타당성에 이의가 제기될 수 있다는 것이다<sup>12)</sup>.

따라서 본 연구의 목적은 아르곤 레이저의 치면에서의 형광 특성을 이용하여 각 개개인의 구강 내에 존재하는 세균, 당류 섭취상태, 그리고 각 개개 치아의 광화 상태라는 요소가 복합적으로 관여하여 발생시키는 초기의 우식상태를 조기에 감지하여 수치료 하므로써 이를 우식활성검사법으로 활용할 수 있는지의 여부를 규명하는데 있다.

## II. 연구대상 및 방법

아르곤 레이저의 치아에서의 형광현상을 이용하여 초기우식병소를 관찰하여 이를 각 개개인의 우식활성도를 평가하는 지표로 사용할 수 있는지의 여부를 규명하기 위해 연구를 3단계로 나누어 시행하였다. 1단계는 아르곤 레이저 형광법을 이용한 우식병소의 탐지감도를 평가하였으며 2단계는 이를 실제 임상에서 아동들에게 적용하여 초기우식병소의 수를 측정하고 이와 같은 수치가 기존의 구강환경 검사법 즉, 우식경험치아의 수(DdFIt), 우식활성검사(Cariescreen<sup>®</sup> test) 등과 상관성 여부를 알아보기 위해 상관관계를 분석하였다. 3단계는 이와같은 레이저형광법을 이용한 데이터를 기준으로 한 우식활성검사법의 민감도, 특이도, 그리고 진단력을 평가하였다.

### 1. 아르곤 레이저 형광법의 초기우식병소의 탐지감도 평가

#### 1) 실험재료

발거된 소의 전치부중 stereoscope상에서 협설면이 건전한 치아 50개를 선정하였다. 본 연구에 사용한 레이저는 488nm 파장, continuous wave의 아르곤 레이저(HGM, SPECTRUM<sup>®</sup>)이며 600 $\mu$ m 직경의 광섬유, 520~540nm의 파장만 통과시키는 특수 유리필터를 사용하였다.

#### 2) 실험 방법

레이저 형광법이 실제 초기 우식병소를 어느 정도 정확하게 감지할 수 있는지의 여부를 평가하기 위해 소의 치아를 사용하여 초기 인공우식병소를 유발시키고 우식이 유발된 법랑질 표면을 레이저 형광법으로 광 밀도를 측정한 군과 시편을 cross section한 후 편광현미경으로 실제 조직학적 깊이를 측정한 군 사이의 상관관계를 분석한다.

##### ① 시편제작

소의 전치부중 법랑질이 건전한 치아 50개를 선정하여 약 5 × 5mm 넓이, 5mm두께의 치아 절편을 제작하고, 제작된 140개의 치아절편을 acrylic plate에 고정하였다.

##### ② 초기 인공우식병소 유발

시편의 3mm 직경의 법랑질 표면을 제외한 전면에 nail varnish를 도포하고 STPP인공우식용액(0.1M lactic acid, 0.24mM sodium-tripolyphosphate, pH at 4.2 with sodium hydroxide)에 담구어 37℃ 항온기에 3시간, 6시간, 12시간, 24시간, 36시간, 48시간, 60시간동안 각각 20개씩 위치시켜 시간경과에 따라 깊이가 서로 다른 인공우식병소를 유발하였다.

##### ③ 레이저 형광을 이용한 초기 우식병소의 광밀도(optic density) 측정

488nm, 연속파장의 아르곤 레이저(HGM, SPECTRUM<sup>®</sup>)와 600 $\mu$ m 직경의 광섬유를 사용하여 0.6W의 출력으로 인공적으로 유발시킨 초기 우식병소의 표면에 레이저 빛을 조사하였

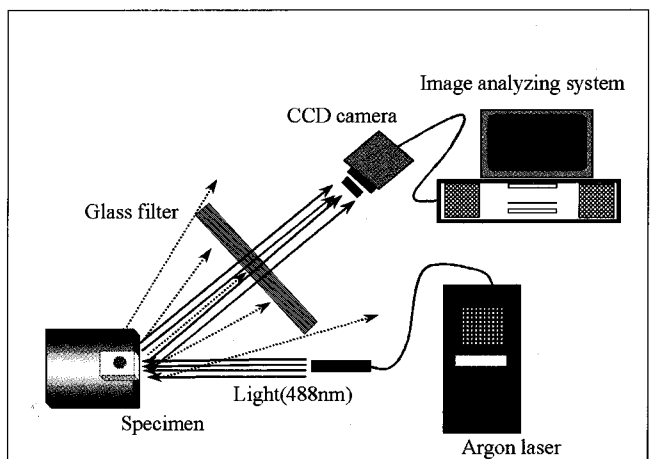


Fig. 1. Experimental design for measuring optical density of incipient carious lesion on tooth sample by argon laser fluorescence.

다. 이때 치아에서 산란되는 청색의 레이저 빛을 차단하고 순수한 형광 빛만 관찰하기 위해 520~540nm의 빛만 투과시키는 주황색 필터를 CCD 카메라에 장착하고 촬영한 형광상을 컴퓨터의 영상 file로 전송하여 초기우식병소의 표면의 광 밀도를 영상분석 프로그램(Image pro plus®, Media cybernetics Co, U.S.A.)으로 측정하였다(Fig. 1).

④ 편광현미경을 이용한 조직학적 초기우식병소의 깊이 측정 레이저 형광법에 의해 광밀도를 측정한 후 시편을 병소의 중앙부가 지나도록 diamond wheel saw(South Bay Tech., U.S.A.)로 절단한 후 240~600 grit 연마지가 부착된 연마기(OMNILAP 2000™, South Bay Tech., U.S.A.)로 연마하였다. 시편을 증류수와 초음파 세척기로 세척한 후 편광현미경(×100)으로 병소의 깊이를 관찰·측정하였다. 병소의 깊이는 표면에서부터 가장 깊은 부위까지의 거리로 하였다.

⑤ 통계 분석

SAS program을 이용하여 시간경과에 따른 조직학적 우식병소의 깊이와 레이저 형광을 이용하여 측정한 우식병소의 광밀도의 유의성 검증과 이들 변수간의 상관관계를 구하였다.

2.아르곤 레이저 형광법을 이용하여 측정한 초기우식병소의 수와 구강환경검사와의 상관관계 분석

1) 연구대상

조선대학교 부속치과병원 소아치과에 내원한 아동중 7~9세 사이의 어린이 30명을 대상으로 하였다.

2) 연구방법

① 레이저 형광법을 이용한 초기 우식병소의 수 측정

488nm, 연속파장의 아르곤 레이저(HGM, SPECTRUM™)와 600μm 직경의 광섬유를 사용하여, 0.6W의 출력으로 대상 아동의 치아 협면과 인접면에 조사하였으며, 520~540nm의 빛만 투과시키는 주황색의 특수 유리 filter를 사용하여 형광상의 검은 빛, 즉 초기 치아우식병소를 관찰하였다. 각 개인 당 초기 우식병소가 관찰된 치아의 수를 집계하였다.

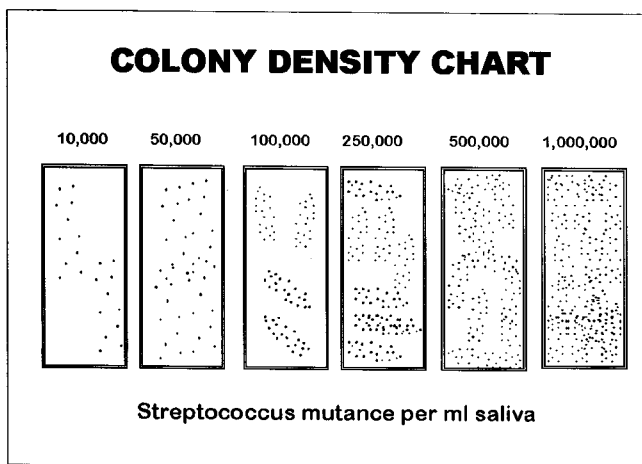


Fig. 2. Colony density chart for Cariescreen® test.

② 우식경험치아의 수(dDfT) 검사

치과용 진료대학에서 시진과 탐침 등을 통하여 연구대상 아동들의 우식치아 혹은 우식으로 인해 충전된 치아의 수를 검사하였다.

③ 우식활성검사(Cariescreen® test)

대상 아동에게 제조회사의 지시대로 파라핀 왁스를 주어 약 5분간 씹게 한 후 자극성 타액 2ml를 배양액이 담긴 용기에 담고 용기의 뚜껑을 덮은 후 위 아래로 천천히 흔들어 잘 혼합되도록 한다. 다음 배지가 담긴 용기에서 배지판이 달린 뚜껑을 꺼낸 후 배양액 용기 뚜껑과 바꾸어 위치시키도록 한다. 이후 배지가 담겼던 용기에 물 1~2방울을 넣고 CO<sub>2</sub> tablet을 넣은 후 다시 배지판이 달린 뚜껑과 배양액 뚜껑을 바꾸어 위치시키고 닫는다. 배지가 들어 있는 용기를 배양기에 넣고 37도에서 48시간 배양한다. 다음 배지에 형성된 집락의 양상을 기준표와 비교하여 판정한다(Fig. 2).

④ 각 검사간의 상관관계 검사

상기의 자료를 통계 분석하여 각 테스트들 간의 상관관계를 구한 다음 이를 기본자료로 하여 레이저 형광법을 이용한 새로운 우식활성검사의 활용 가능성을 평가하였다.

3. 레이저 형광법을 이용한 새로운 우식활성검사 모델의 진단학적 민감도, 특이도, 진단력 분석

2 가지 기존의 구강환경검사를 기준으로 레이저 형광법을 이용한 우식활성검사법의 진단학적 민감도, 타당도, 진단력을 분석하기 위해 Axelsson<sup>13)</sup>이 고안한 다음과 같은 scoring criteria system을 작성하여 검증하였다(Table 1 - 6).

Table 1. Scoring criteria for dDfT

Score	dDfT
0	0~2
1	3~5
2	6~9
3	over 10

Table 2. Scoring criteria for Cariesceen® test

Score	Cariesceen® test
0	under 1 millions
1	5~10 millions
2	15~25 millions
3	over 50 millions

Table 3. Scoring criteria for laser fluorescence test

Score	Laser fluorescence test
0	0~2
1	3~5
2	6~9
3	over 10

**Table 4.** Evaluation criteria table of test

Screening criteria Comparative testing method	Validation criteria Standing testing method	
	Score 2-3	score 0-1
Score 2-3	A (True positive)	B (False positive)
Score 0-1	C (False negative)	D (True negative)

**Table 5.** The equation of sensitivity, specificity and diagnostic power

Sensitivity =	$\frac{A}{A+C} \times 100$
Specificity =	$\frac{D}{B+D} \times 100$
Diagnostic power =	$\frac{A}{A+B} \times 100$

**Table 6** Mean lesion depths and optical densities of specimens in accordance with demineralization time.

Demineralization time (hours)	Number of specimens	Lesion depth(μm)	Optical density(arbitrary scale)
3	20	96.6±35.27	0.274±0.0423
6	20	194.5±20.64	0.302±0.0831
12	20	411.2±63.44	0.350±0.0480
24	20	565.9±66.31	0.414±0.0567
36	20	577.5±52.19	0.436±0.0355
48	20	752.5±68.28	0.477±0.0483
60	20	977.0±83.52	0.541±0.0532
F ratio		15.22	11.73
P value		0.008*	0.012*

\* : Statistically significant

### Ⅲ. 연구성적

#### 1. 아르곤 레이저 형광법의 초기우식병소의 탐지감도 평가

1) 편광현미경을 이용한 초기우식병소의 조직학적 깊이 및 레이저 형광을 이용한 초기우식병소의 광밀도 측정

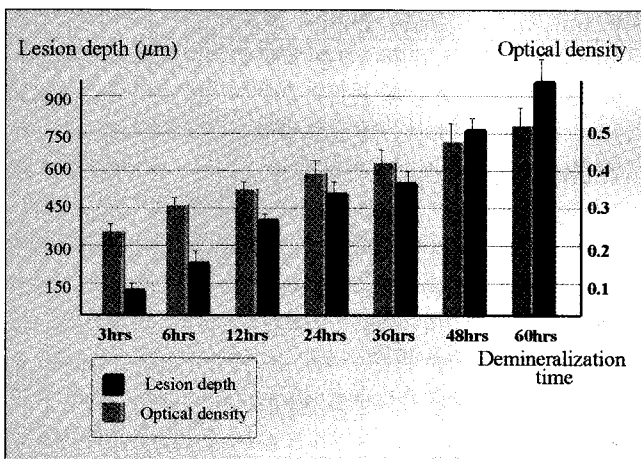
인공우식용액에 담구어 탈회시킨 시편의 탈회 시간에 따른 병소의 깊이는 96μm~977μm였으며 탈회 시간이 증가됨에 따라 증가되는 양상을 보였다(P<0.05). 시편의 광 밀도(단위: pixel)는 0.274에서 0.541의 범위로 나타났으며 탈회 시간이 증가됨에 따라 광 밀도가 증가되었다(P<0.05). 분산분석 결과 탈회 시간에 따른 병소깊이와 광 밀도는 유의성 있는 차이를 보였다(P<0.05)(Table 6). t-test를 이용한 각 탈회시간 군 간의

비교에서, 병소깊이는 모든 군에서는 유의한 차이가 있었지만 광 밀도는 24시간 군과 36시간 군에서는 유의할 만한 차이가 없었다(Fig. 2).

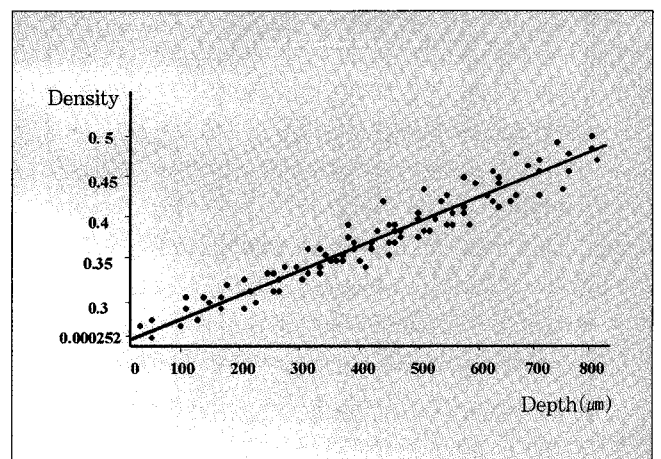
2) 광 밀도와 초기 우식병소의 깊이간의 상관관계 평가

시편의 시간경과에 따른 인공우식병소의 광 밀도와 편광현미경으로 관찰한 실제 병소의 조직학적 깊이사이의 상관관계 분석 결과 두 방법간에 Pearson의 correlation coefficients (γ)가 0.7015로 높은 상관관계를 보였다(P<0.05)(Table 7). 회귀분석을 시행한 결과 결정계수가 0.5326을 보였으며 상관곡선의 식은 아래와 같고 그래프는 Fig. 4에 나타나 있다.

$$Y = [ X - 0.28063 ] / 0.000252 ; X : \text{Density}, Y : \text{Depth}$$



**Fig. 3.** Comparison of lesion depths and optical densities in accordance with demineralization time.



**Fig. 4.** The regression line for prediction of lesion depth from optical density.

**Table 7.** Pearson's correlation coefficients between lesion depth measured by polarizing light microscopy and optical density measured by laser fluorescence.

	Optical density (arbitrary scale)	Lesion depth (μm)
Optical density		0.7015*
Lesion depth	0.7015*	

\* : p(0.05)

**Table 8.** Comparison of variables between male and female

Sex	dDfFtT	Laser fluorescence test*	Cariescreen® test#
Male	5.06±2.89	4.14±2.54	1.221±0.843
Female	5.41±3.42	4.73±2.74	1.086±0.572
Total Mean	5.24±2.73	4.44±2.38	1.154±0.534
Probability(P)	0.44	0.35	0.31

\* : Number of teeth which showed black spot under laser fluorescence

# : Number(million) of mutans streptococci per ml of saliva

**Table 10.** Evaluation table of laser fluorescence test from dDfFtT

Laser fluorescence test	dDfFtT	
	Score 2-3	score 0-1
Score 2-3	26	32
Score 0-1	28	34

Sensitivity = 48%, Specificity = 52%,

Diagnostic power = 45%

**Table 9.** Correlation Coefficient among variables related with caries activity(Unit: )

	dDfFtT	Laser Fluorescence Test	Cariesceeen® SM Test
dDfFtT		0.68	0.55
Laser Fluorescence Test			0.57
Cariesceeen® SM Test			

**Table 11.** Evaluation table of laser fluorescence test from Cariesceeen® test

Laser fluorescence test	Cariesceeen® test	
	Score 2-3	score 0-1
Score 2-3	21	37
Score 0-1	23	39

Sensitivity = 48%, Specificity = 51%,

Diagnostic power = 36%

2. 아르곤 레이저 형광법을 이용하여 측정된 초기우식병소의 수와 구강환경과의 상관관계 분석

1) 레이저 형광을 이용하여 관찰한 초기우식병소의 수 측정 레이저 형광법으로 관찰한 초기 우식병소가 있는 치아의 개수는 각 개인당 평균 4.44개였으며 남녀간의 성별차이는 없었다(P>0.05)(Table 8).

2) 우식경험치아의 수(dDfFtT) 검사  
조사 집단의 우식치아 및 우식으로 인해 충진된 치아의 수는 table 8에 나타나 있으며 남녀간의 유의한 차이는 없었다(P>0.05).

3) Cariescreen® test  
조사 집단의 Cariescreen® test 결과는 Table 8에 나타나 있으며 남녀간의 유의한 차이는 없었다(P>0.05).

4) 상관관계 분석  
레이저 형광법으로 관찰하여 초기 우식증이 있는 치아의 개수와 우식경험치아의 수(dDfFtT) 사이의 상관계수(γ)는 0.68, Cariescreen® test와의 상관계수는 0.57로 비교적 높은 상관관계를 나타내었다(Table 9).

3. 레이저 형광법을 이용한 새로운 우식활성검사 모형의 진학학적 민감도, 특이도, 진단력 분석

3가지 기존 구강환경검사와 레이저 형광법을 이용한 우식활성검사법의 진단학적 민감도, 타당도, 종합 진단력을 Axelsson<sup>13)</sup>이 고안한 evaluation table system을 이용하여 평가한 결과가 Table 10과, Table 11에 나타나 있다.

IV. 총괄 및 고찰

치아 법랑질에서의 초기 우식병소는 임상적으로 불투명한 백반상을 보이는데 이 부위는 정상 법랑질보다 구조적으로 약하며 색조 또한 백색도가 증가되어 있는 상태로 비교적 건전한 상태를 보이는 표층부와 탈회가 많이 일어난 표층하부 혹은 병소체로 구성되는 독특한 구조를 보인다<sup>14)</sup>. 이런 복합적인 구조를 갖는 초기우식 병소는 다공성 표층구조를 통해 탈회와 재광화를 반복하게 되는데, 환경의 변화에 따라 재광화 현상이 지속적으로 유세하게 일어난다면 거의 정상적인 상태로 회복이 가능하다<sup>3,14-16)</sup>.

임상적으로 초기 치아우식증의 진단은, 특히 평활면의 우식증은 방사선사진촬영에 의해서 감지되지 않기 때문에 육안을 이용한 시각적 진단을 통해 이루어질 수 밖에 없는데, 육안으로 관찰하기가 용이하지 않으며 타액에 젖어 있는 치아를 완전히

건조해야만 하는 불편한 점들이 있다. 초기 치아우식증을 시각적으로 진단하기 위해 백반상이라는 초기우식병소의 구조적인 특성에 따른 광학적 특성을 이용해 치면에 자외선, 할로겐 빛 등의 강한 빛을 조사하여 투과도를 검사하는 방법들이 시도되었다<sup>17-24)</sup>. 그러나 이와 같은 많은 시도들이 있었지만 몇 가지의 한계점이 있다. 첫째, 치아우식이 완전히 진행된 경우에만 발견이 가능하다. 둘째, 계속되는 탈회와 결과 일어나는 광물질 소실의 작은 변화를 감지할 수 없다. 셋째, 소실된 광 물질을 양적으로 측정할 수 없다는 것이다. 치아우식증은 법랑질의 광물질이 용해되어 소실된 상태를 말한다<sup>25)</sup>. 따라서 대부분의 치아우식증의 진단은 이런 광물질의 변화를 측정하는 과정이라 할 수 있다.

본 연구에서 레이저 형광법이 우식병소의 깊이를 어느 정도 민감하게 감지할 수 있으며 깊이에 따른 정량화가 가능한지의 여부를 평가하고자 하였다. 레이저 형광법을 이용한 방법은 초기의 치아우식증을 시각적으로 감지하기 쉽고 조직학적 병소의 깊이가 증가됨에 따라 레이저 조사시 병소의 광밀도가 증가함을 보여 주었다(Table 6).

Benedict 등<sup>29)</sup>은 치아에 자외선을 조사하면 정상 법랑질에서는 청백색의 형광빛이 발생하나 우식병소에서는 관찰되지 않는다고 보고하여 처음으로 형광현상을 이용한 우식병소의 진단 가능성을 제시한 이후 여러 연구에서 이와같은 현상을 보고하였다<sup>1, 25-27)</sup>.

형광현상에 의해 치아우식병소를 탐지하는 원리는 강도와 응집력이 높은 짧은 파장의 가시광선을 치아에 조사할 경우 치면에 반사된 빛은 조사된 빛 보다 더 긴 파장이 되며 의 우식병소에서는 그 양이 증가되어 시각적으로 다르게 인지된다는 사실이다<sup>28, 29)</sup>. 여러 가지 파장의 빛을 비교 연구한 보고에 의하면 이러한 형광현상의 차이는 488nm 파장의 청색계통의 아르곤 레이저 빛에서 가장 현저하게 나타난다고 하였다<sup>20, 30)</sup>. 아르곤 레이저 조사시 우식병소를 관찰하기 위해서는 치아로부터 반사되는 발생되는 520~540nm 파장의 빛만 투과시키고 청색의 레이저 빛을 차단할 수 있는 특수한 barrier filter를 사용해야 한다. 이 경우 정상 법랑질은 오렌지색으로, 초기 우식병소는 검은 색으로 관찰된다.

편광현미경으로 관찰한 조직학적 병소의 깊이는 탈회시간에 따라 96 $\mu$ m에서 977 $\mu$ m까지 나타났는데, 일부학자는 5~10 $\mu$ m 깊이까지 감지할 수 있다고 하였으나<sup>31, 32)</sup> 본 실험에서는 우식병소가 깊게 형성되어 이를 확인할 수 없었다. 본 실험에서는 시간경과에 따른 인공우식 병소의 깊이가 60 $\mu$ m 차이 이내일 경우 광 밀도의 차이가 없었다(P>0.05). 일부학자들은<sup>20, 33, 34)</sup>은 염료를 병용한 레이저 형광법이 단지 레이저 형광법만을 이용하는 것보다 감지능력이 우수하다고 보고한 바 있다. 따라서 앞으로 이런 탐지력을 높이기 위해 염료를 병용하는 방법에 있어서도 연구가 계속적으로 이루어져야 할 것으로 생각된다. Anova test 결과 탈회 시간이 증가될수록 우식병소의 깊이와 광 밀도가 증가되었다. 그러나 t-test 결과 레이저 형광법에 의해 측정된 의한 광 밀도는 24~36시간 군과 군에서 유의한 차이를 보

이지 않아 편광현미경을 이용한 실제 조직학적 병소의 깊이 평가보다 감도가 떨어짐을 알 수 있었다(Table 6). 본 실험에서 영상의 표준화를 위해 레이저의 조사 거리와 CCD camera의 거리를 일정하게 하였으나 실제 실험상의 오차가 야기될 수 있는 점도 이러한 탐지 감도에 영향을 줄 수 있는 요인으로 사료된다. 또한 치아의 법랑질의 굴곡에 의해 빛의 조사 및 반사 방향에 따라 오차가 발생될 수 있을 것으로 추정된다.

조직학적 병소의 깊이와 광밀도 사이에는 Pearson의 correlation coefficients가 0.70715 (p<0.05)로 높은 상관관계를 보여 주었다(Table 7). 또한 이들 사이의 관계는 회기분석 결과 정비례의 직선형태를 나타냄으로써 광 밀도를 측정하여 조직학적 깊이, 즉 탈회정도를 추정할 수 있는 가능성을 보여 주었다(Fig. 4). 따라서 레이저 형광법을 이용하여 비 침습적으로 초기 치아우식증을 쉽게 감지함과 동시에 병소의 깊이를 정확히 추정하여 재광화시킬 것인지 혹은 와동을 형성하고 수복을 시행할 것인지를 판단할 수 있는 기준을 삼을 수 있을 것으로 사료된다.

본 연구에서는 레이저 형광법의 초기 우식병소의 탐지감도가 매우 우수함을 보여주고 있다. 1991년 Hafström 등<sup>35)</sup>은 동물 실험에서 레이저 형광법의 우식 감지 능력에 대해 보고하였는데 15~20일간 sucrose를 섭취한 쥐 50마리를 검사한 결과 일 반광선 하에서 관찰된 우식병소는 쥐 한 마리 당 29.1면, 레이저 형광법으로 관찰되는 우식병소는 39.6면으로서 육안에 비해 감도가 약 1.4배 된다고 하였다. 국내에서도 이 등<sup>25)</sup>이 레이저 형광법의 초기 우식병소 탐지력에 대해 보고한 바 있다. 이와 같은 고감도의 탐지 능력을 이용하여 최근 Hafström 등<sup>10)</sup>과 de Josselin 등<sup>26)</sup>은 우식병소에서 발하는 형광의 정도에 따른 광물질의 탈회량을 컴퓨터를 이용하여 측정하므로써 향후 레이저 형광법을 이용하여 우식병소에서의 탈회량에 대한 양적인 측정이 가능함을 시사하였다.

개인에 있어 우식의 발생가능성을 예측할 수 있는 우식활성도는 치아와 타액등의 숙주요인, 치태등의 병원체 요인, 그리고 구강위생과 식이습관 등 여러 가지 요인들을 종합적으로 평가하여 분석하는 것이 이상적이나 현실적으로 시간과 경비, 과정의 복잡함 등 제반여건들이 쉽게 충족될 수 없음으로 인해 여러 가지 우식발생 인자중 객관적으로 쉽게 평가가 가능한 구강내 세균의 분포정도를 이용한 우식활성검사법이 많이 사용되어 오고 있다<sup>4-6, 11, 33, 34, 36-39)</sup>.

예전에는 치아우식을 유발하는 세균이 *Mutans streptococcus*, *Streptococcus sanguis*, *Streptococcus salivarius* 등의 연쇄상구균과 *Lactobacillus*, *Actinomyces* 등 일반적으로 산을 생성하는 일련의 균들이라고 알려져 왔다<sup>40)</sup>. 특히 50년대 까지만 해도 *Lactobacillus*가 우식을 유발시키는 주된 균으로 지목되어 이를 근거로 한 스나이더 검사법<sup>41)</sup>이 우식활성검사로서의 주류를 이어왔다. 그러나 1960년대에 초기우식을 유발하는데 있어 작용하는 주된 균은 *Lactobacillus*가 아니라 *Mutans streptococcus* 라고 알려지게 되었다<sup>8)</sup>. 이후 이와 같은 이론에 근거하여 *Mutans*

*streptococcus*만 선택적으로 배양할 수 있는 배지에 대해 많은 연구가 이루어 졌는데, Jordan<sup>41)</sup>은 *Streptococci*를 선택적으로 배양할 수 있는 mitis-salivarius agar를 처음 소개하였다. 1967년 Carlsson<sup>39)</sup>은 특히 여기에 sulpha계 약을 첨가하여 *Mutans streptococcus*만 배양할 수 있는 배지를 소개한 이후 이를 선택적으로 배양할 수 있는 배지가 개발되어 *Mutans streptococcus*를 배양하여 우식활성을 측정하는 방법이 일반화 되었다<sup>10,11)</sup>.

이후 여러 가지 우식활성검사법의 우식이환예측능력을 평가하는 연구들이 보고되고 있는데 下野<sup>38)</sup>는 일반적으로 Lactobacillus 와 Streptococcus계 산성세균의 활성도를 측정하는 방법으로 Snyder 검사법을 개량한 Alban 검사법<sup>5)</sup>과 Cariostat<sup>®</sup> 검사법<sup>6)</sup>을 비교한 결과 Alban 검사법이 우식경험도와 상관성이 더 높다고 하였다.

그러나 이와 같이 세균의 활성도를 이용하여 우식활성도를 측정하는 방법은 배양과정을 거쳐야 하므로 방법과 절차가 복잡하며 시간과 경비가 많이 소요되므로 이에 따른 검사의 타당도에 문제를 제기할 수 있다. 또한 실제 치아우식증의 유발은 세균의 활성도에 영향을 받을 뿐 아니라 각 개인의 치아의 석회화의 정도에 따라 많은 영향을 받기 때문에 검사의 신뢰도에 있어서도 문제를 제기할 수 있다. 이외에도 각 개인의 우식활성도를 측정하는 방법으로 타액의 완충능력 검사, reductase 검사 등 각종 방법<sup>36,42)</sup>들이 장단점들을 가지고 있어 완벽한 검사법이 아직 개발되지 않은 실정에 있다.

따라서 본 연구는 치아우식을 유발할 수 있는 모든 요인이 종합적으로 작용하여 이루어진 치면의 최초의 변화 즉, 법랑질 초기우식증의 정도를 아르곤 레이저를 이용한 형광법으로 조기에 탐지할 수 있는 지를 평가하고 또한 이와같은 방법이 향후 개인에서의 우식이 유발될 수 있는 가능성을 예측할 수 있는 우식활성검사법으로서의 이용가능성을 평가하고자 하였다.

본 연구에 이용된 아르곤 레이저는 488nm(blue light)와 515nm(green light) 파장의 빛을 방출하는 가시광선 영역의 레이저로 근래에 치의학 분야에 도입되어 복합레진의 광중합이나 연조직 절개등에 이용되고 있는데<sup>43,44)</sup>, 최근에는 아르곤 레이저의 빛이 조사되는 조직에 형광을 발생시킨다는 사실이 확인되어<sup>28,45)</sup> 이를 이용한 치아우식 진단방법으로의 응용여부가 조심스럽게 지켜지고 있다.

실제 레이저 형광법을 이용하여 우식활성도 측정하고자 할 때 각 개인의 초기 우식병소의 정도를 평가하기 위한 방법으로 다음과 같은 몇 가지 방법을 제시해 볼 수 있다. 첫째 본 연구에서와 같이 각 치아의 협면을 대상으로 초기 우식병소가 발견된 치아의 수를 측정하는 방법, 둘째 상하악 제1대구치 혹은 제2유구치의 협면의 초기 우식병소가 있는 치아의 수를 측정하는 방법, 셋째 제1대구치 혹은 제2유구치의 협면의 초기 우식병소의 면적을 측정하는 방법 등이다. 그러나 초기 우식병소의 면적을 측정하기 위해서는 사진촬영과 무정형의 면적을 측정하기 위한 컴퓨터 프로그램의 응용이 필요하므로 다소 번거로운 점이 있을 것으로 사료된다.

빛을 이용하여 치아우식을 진단하는 방법으로는 지금까지 빛 투과법(transillumination)이 사용되어 왔는데 광섬유를 통해 전달되는 강한 빛을 치아 반대편에 조사하여 투과되어 나오는 빛을 관찰하는 이 방법은 어느 정도 진행된 우식병소를 진단할 수 있지만 법랑질에 국한된 초기 우식병소를 진단하는데는 덜 민감하다는 단점을 갖는다<sup>2,26,46,47)</sup>. 빛 투과법과 형광법의 기전에 대한 가장 큰 차이점은 관찰하는 형광법은 관찰되는 빛이 조사된 빛이 아니라 치질 자체에 변형된 빛이며 이 빛의 차이는 탈회정도와 연관되어 있다는 것이다. 그러므로 빛이 조사되는 방향에 크게 영향을 받지 않으며 투과법이 어려운 구치부에도 쉽게 접근할 수 있다. 형광법은 투과법에 비해 또한 정상치질과 우식치질 사이에 색조 혹은 명암의 차이가 커서 초기 우식증까지도 민감하게 진단할 수 있다는 장점이 있다<sup>44,49)</sup>.

구강환경검사의 한 방법으로 우식이 있는치아, 수복이 되어 있는 치아, 그리고 탈락된 치아등을 조사하여 각 개인적으로는 우식의 정도 그리고 집단으로는 우식의 유병율을 평가할 수 있는 방법인 우식경험치아의 수(dmft 혹은 DMFT)를 사용하고 있는데, 본 연구에서는 이와 같은 방법들을 약간 변형한 dDfFtT를 사용하였다. 일반적으로 위와 같은 검사는 유치와 영구치를 구별하여 평가하는 것이 일반적이지만, 본 실험에서는 7~9세 사이의 한정된 연령층의 소아를 대상으로 하였기 때문에 치아의 개수가 22~24개로 비교적 일정하고 또한 전체적인 유병율을 평가하는 역학적인 조사가 아니라 각 개인의 우식활성도와 관련하여 실제 유발된 우식병소의 수를 평가하고자 하였기 때문에 dDfFtT Index나 dDfFtT Rate를 사용하지 않았으며 유치와 영구치를 통합하여 단순히 우식경험치아의 수를 표시하는 dDfFtT를 이용하였다.

레이저 형광법에 의한 초기치아우식증이 관찰된 치아의 개수는 dDfFtT와 상관계수( $\gamma$ )가 0.68, Cariescreen<sup>®</sup> test와는 0.55으로 비교적 높은 상관관계를 나타내었다(Table 9). 이와 같이 레이저 형광법을 이용한 초기우식정도에 관한 측정수치는 *Mutans streptococci*의 활성도를 이용한 Cariescreen<sup>®</sup> test와 비교적 높은 상관관계를 보임으로써 향후 우식활성검사로의 응용 가능성이 높은 것으로 사료된다.

본 연구에서 레이저 형광법을 이용한 우식활성검사법에 대한 진단력을 선학들이 제시한 방법<sup>6)</sup>에 의해 비교·분석한 결과 dDfFtT 검사를 기준으로 45%의 민감도, 55%의 특이도, 48%의 진단력을 보였으며 Cariescreen<sup>®</sup> test를 기준으로 할 경우는 36%의 민감도, 63%의 특이도, 48%의 진단력을 보임으로서 우수한 진단학적 지표를 나타내었다. 본 연구에서는 레이저 형광법을 이용한 우식활성검사의 scoring criteria를 dDfFtT의 scoring criteria와 일치하게 하였으나 이와 같은 scoring criteria를 변화시키면 민감도, 특이도, 진단력이 변화되므로 향후 더욱 좋은 우식활성검사 모델을 개발하기 위해서는 scoring criteria에 대해서도 더욱 많은 연구가 필요하리라 사료된다.

Snyder<sup>4)</sup>는 우식활성검사가 신뢰도와 타당성을 갖기 위해서

는 검사의 이론적 배경이 있어야 하고, 임상과 최대한 연관성, 즉 임상적으로 측정이 용이해야 하며, 반복된 결과가 일정해야 한다고 하였다. 또한 검사법이 간단하며 시간이 많이 걸리지 않고 비용이 싸야 한다고 하였다. 그러나 지금까지 개인의 우식활성도를 측정하는 방법들 중 이와 같은 모든 조건을 만족시키는 방법은 없었으나 레이저 형광법을 이용한 우식활성검사법이 신뢰성이 높다고 판단될 경우 검사의 타당도에서는 다른 검사법에 비해 매우 우수하므로 앞으로 임상에 적극 활용될 가능성이 높다고 생각된다.

그러나 레이저를 사용할 때 임상에서 고려하여야 사항은 술자와 환자에 대한 레이저의 유해작용인데, 아르곤 레이저의 경우 본 연구에서와 같이 치아우식증의 탐지, 우식의 예방 등 낮은 출력, 특히 본 연구에서 사용한 0.6W의 출력은 범람질 표면이나 치수의 열 자극 등 유해한 효과를 야기하지 않는다고 알려져 있다<sup>15)</sup>. 또한 술자와 보조자의 눈에 대한 위험성에 대한 보고에서는 레이저의 빛이 강도가 높아 눈에 자극을 줄 수 있으나 보안경을 사용하게 되면 눈에 대한 위험은 문제가 되지 않는다고 하였다<sup>44)</sup>. 따라서 아르곤 레이저를 낮은 출력으로 사용할 경우 술자나 환자에게 위해 작용이 거의 없는 매우 안전한 방법이다.

이를 종합해 보면 각 개개인의 치아우식활성도를 검사하는 방법으로 Snyder test를 비롯한 몇몇 방법이 있지만 이런 방법 모두가 과정이 복잡하고 시간이 오래 걸린다는 단점이 있다. 또한 기존의 우식활성측정법들은 오직 구강 내에 존재하는 세균의 활성도만 측정하므로 실제 치아우식에 관여하는 다른 요소들, 특히 중요한 인자로 작용하는 개개 치아의 석회화, 타액의 성분 및 점도 등을 배제한 상태이므로 검사의 신뢰도와 타당성에 문제가 있다. 레이저 형광법을 이용한 우식활성 검사는 각 개개인의 구강내 존재하는 세균의 활성도와 또한 각 개개 치아의 석회화도 등 여러가지 요소가 복합적으로 작용하여 발생시키는 최초의 치아표면의 변화를 포착하여 이를 수치화 하므로써 그 신뢰도와 타당성 면에 있어 기존의 방법보다 우수할 것으로 사료된다. 이 방법은 절차가 간단하고 검사결과를 즉석에서 알 수 있으며, 또한 검사시간이 매우 짧고 비용이 많이 들지 않는다는 점등을 장점으로 사료된다. 또한 이 방법을 응용할 경우 다수인의 치아우식활성도를 짧은 시간 내에 측정할 수 있으므로 지역이나 국가단위 대단위 역학조사도 간단히 이루어 질 수 있으리라 전망된다.

## V. 결 론

1. 초기 우식병소의 조직학적 깊이가 증가될수록 병소표면에서의 광밀도가 증가하였다 (P<0.05).
2. 초기 우식병소의 조직학적 깊이와 병소표면에서의 광밀도 사이에는 높은 상관관계( $\gamma=0.7015$ )를 나타 내었다 (P<0.05).
3. 회귀분석 결과 초기우식병소의 깊이와 광밀도와 사이에는 정비례 관계의 직선을 보였다.

4. 레이저 형광법을 이용한 우식활성검사법은 Cariescreen® test ( $\gamma=0.57$ ), 우식경험치아 수( $\gamma=0.68$ )등과 높은 상관관계를 나타냈다 (P<0.05).
5. 레이저 형광법을 이용한 우식활성검사법은 우식경험치아 수를 기준으로 48%의 민감도, 52%의 특이도, 45%의 진단력을 보였으며 Cariescreen® test를 기준으로 48%의 민감도, 51%의 특이도, 36%의 진단력을 보였다.

이상의 결과를 종합하면 레이저 형광법을 이용하여 측정된 초기 우식병소의 광밀도는 실제 초기 우식병소의 조직학적 병소의 깊이를 평가하는데 높은 신뢰도를 보여 주므로써 레이저 형광법을 이용한 우식활성검사법에 대한 타당성을 제공하고 있으며, 또한 레이저 형광법을 이용하여 관찰한 초기 우식병소의 수를 이용한 우식활성검사 모델은 기존의 우식활성 검사 및 구강환경검사와 높은 상관관계, 우수한 진단학적 지표를 보여주므로써 향후 임상적으로 신뢰도와 타당성이 높은 우식활성검사법으로서의 활용성이 높은 것으로 사료된다.

## 참고문헌

1. Harless JD, Wefel JS : Comparison of artificial white spots by microradiography. J Dent Res 63:1271-2180, 1984.
2. Naleway CA, Webster D, Wazniak WT, et al. : Assessment of demineralization using luminescence. J Dent Res 58(IADR Abast):136, 1979.
3. Newbrun E. : Cariology, Quintessence Pub Co, 273-290, 1989.
4. Snyder ML : A simple colorimetric method for the estimation of relative numbers of lactobacilli in the saliva. J Dent Res 19:349-355, 1940.
5. Alban A : An improved Snyder test. J Dent Res 49:641-647, 1970.
6. Lorne KH, Jay NK : The sensitivity and specificity of biological caries activity test (Cariostat) in preschool children. Pediatric Dentistry 16(4):276-283, 1994.
7. Sims W. : A modified Snyder test for caries-activity in humans. Archs Oral Biol 13:853-856, 1968.
8. Fitzgerald RJ, Keyes DH : Demonstration of the etiologic role of Streptococci in experimental caries in the hamster. JADA 61:9-19, 1960.
9. Weinberger SJ, Wright GI : Correlating streptococcus mutans with dental caries in young children using a clinically applicable microbiological method. Caries Res 23:385-388, 1989.
10. Gold GO, Jordan HV : A selective medium for



- Streptococcus mutans*. *Archs Oral Biol* 18:1357-1364, 1973.
11. Woods D : A dental caries susceptibility test based on the occurrence of streptococcus mutans in plaque material. *Aust Dent J* 16:116-121, 1971.
  12. 윤창상, 이홍수, 김수남 : 비색법을 이용한 세균학적 우식 활성검사의 우식에측력에 관한 종단적 추적연구. *대한구강보건학회지* 21(3):521-536, 1997.
  13. Axelsson P, Kristoffersson K, Karlsson R : A 30-month longitudinal study of the effects of some oral hygiene measures on *Streptococcus mutans* and approximal dental caries. *J Dent Res* 66(3):761-765, 1987.
  14. Levine RS : Remineralization of natural carious lesion on enamel. *Brit Dent J* 137:132-141, 1974.
  15. Flaitz CM, Hicks MJ, Westerman GH, et al. : 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.
  16. Goodman BD, 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.
  17. Alfano RR, Yao SS : Human teeth with and without dental caries, studied by visible luminescent spectroscopy. *J Dent Res* 80:120-122, 1981.
  18. Angmar-Månsson. B, ten Bosch JJ : Advances in methods for diagnosing coronal caries-A review. *Adv Dent Res* 7(2):70-79, 1993.
  19. Benedict HC : Note on the fluorescence of teeth in ultra-violet rays. *Science* 67:442, 1928.
  20. Friedman J, Marcus MI : Transillumination of the oral cavity with use of fiber optics. *JADA* 80:801-809, 1970.
  21. Heffenen JJ, Cooly RO, Hall JB, Olsen NH, et al. : Use of ultraviolet illumination in oral diagnosis. *JADA* 82:1353-1360, 1971.
  22. Shrestha BM : Use of ultraviolet light in early detection of smooth surface carious lesions in Rats. *Caries Res* 14:448-451, 1980.
  23. Wenzel A, Verdonschot EH : Accuracy of visual inspection, fiber-optic transillumination, and various radiographic image modalities for the detection of occlusal caries in extracted non-cavited teeth. *J Dent Res* 71(12):1934-1937, 1992.
  24. Øgaard B, ten Bosch JJ : Regression of white spot enamel lesions. A new optical method for quantitative longitudinal evaluation in vivo. *Am J Orthodont and Orthoped* 106:238-242, 1994.
  25. 이상호, 이난영 : 아르곤 레이저 광감각법에 의한 범랑질 우식증 조기탐지 효과에 관한 연구. *대한소아치과학회지* 24(1):313-321, 1997.
  26. de Josselin de Jong E, Sundström F, Westerling H, et al. : A new method for in vivo quantification of changes in initial enamel caries with laser fluorescence. *Caries Res* 29:2-7, 1995
  27. Van de Rijke JW, ten Bosch JJ : Optical quantification of caries-like lesion in vitro by use of a fluorescent dye. *J Dent Res* 69(5):1984-1987, 1990.
  28. Armstrong WG : Fluorescence characteristics of sound and carious human dentin preparations. *Archs Oral Biol* 8:79-90, 1963.
  29. Bjëlkhagen H, Sundström F, Angmar-Månsson B : Early detection of enamel caries by the luminescence excited by visible laser light. *Swed Dent J* 6:1-7, 1982.
  30. Shern RJ : An in vitro evaluation of fluorescein for testing the permeability of white spots on teeth enamel. *Pediatric Dentistry* 12(5):308-311, 1990.
  31. Hafström-Björkman U, Sundström F, de Josselin de Jong E, et al. : Comparison of laser fluorescence and longitudinal microradiography for quantitative assessment of in vitro enamel caries. *Caries Res* 26:241-247, 1992.
  32. ten Bosch JJ, van der Mei Borsboom PCF : Optical monitor of in vitro caries. A comparison with chemical and microradiographical determination of mineral loss in early lesion. *Caries Res* 18 :540-547, 1984.
  33. Al-Sehaibany F, White G, Rainey JT, et al. : The use of caries detector dye in diagnosis of occlusal caries lesions. *Pediatric Dent* 20(4):293-298, 1996.
  34. Van de Rijke, JW : Use of dyes in cariology. *Int Dent J* 41:111-116, 1991.
  35. Hafström-Björkman U, Sundström F : Initial caries diagnosis in rat molars, using laser fluorescence. *Acta Odontol Scand* 49:27-33, 1991.
  36. 김대업, 이광희 : 산성 고자당 액상배지를 사용한 미취학아동의 우식활성검사 성적과 우식경험유치면지수의 상관성. *대한소아치과학회지* 19(1):125-132, 1992.
  37. 이광희 : 새로운 *Streptococcus mutans* 선택배지를 이용한 실용적 우식활성검사법 개발에 관한 연구. *대한소아치과학회지* 19(1):37-42, 1992.
  38. 下野 勉, 祖父江 鎮雄 : 新しい齲蝕活性検査. *齒界展望* 34 : 829-835, 1974.

39. Carlsson J : Growth of *Streptococcus mutans* and *Streptococcus sanguis* in mixed culture. *Arch Oral Biol* 16:963-965, 1971.
40. Ikeda T : Changes in *Streptococci* and *Lactobacilli* in plaque in relation to the initiation of dental caries in negro children. *Arch Oral Biol* 18:555-566, 1973.
41. Jordan HV, Larway R : A Simplified diagnostic system for Cultural detection & Enumeration of *Streptococcus mutans*. *J Dent Res* 66(1):57-61, 1987.
42. Longbottom C : A comparison of five caries diagnostic methods employing an in vitro simulation and histological validation. *Caries Res* 26:216, 1992.
43. Neuman RA, Knobler RM : Treatment of oral mucous cysts with an argon laser. *Arch Dermatol* 126(6):829-830, 1990.
44. O'Brien WJ, Yee J, Dennison JB, et al. : The application of blue polymer curing lights for diagnostic transillumination. *JADA* 106:839-842, 1983.
45. Angmar-Månsson B, ten Bosch JJ : Optical methods for the detection and quantification of caries. *Adv Dent Res* 1:14-20, 1987.
46. Ando M, Hall AF, Eckert GJ, et al. : Relative ability of laser techniques to quantitate early mineral loss in vitro. *Caries Res* 31:125-131, 1997.
47. Arnold LV : The radiographic detection of initial carious lesion on the proximal surface of teeth : The influence of viewing conditions. *J Dent Res* 66(10):1579-1582, 1987.
48. Sundström F, Fredriksson K, Hafström-Björkman U, et al. : Laser induced fluorescence from sound and carious tooth substance : spectroscopic studies. *Swed Dent J* 9:71-80, 1985.
49. Vaarkamp J, ten Bosch JJ, Verdoncot EH, et al. : Wavelength-dependent fibre-optic transillumination of small approximal caries lesions : The use of a dye, and a comparison to bitewing radiography. *Caries Res* 31:232-237, 1997.

## Abstract

DEVELOPMENT OF HIGH SENSITIVE MODEL OF CARIES ACTIVITY  
TEST FOR EARLY DIAGNOSIS OF DENTAL CARIES

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

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

The purpose of this study is to develop the system which convert the optical difference of teeth texture between intact enamel and incipient caries lesion into shade difference by laser fluorescence and to develop new and simple caries activity test using laser fluorescence.

The experimental design of this study consists of three parts. In first part, a new method for the in vitro assessment of changes in initial enamel caries lesion of Bovine teeth using laser fluorescence is tested. In second part, in vivo assessment undertaken. Number of teeth which showed incipient carious lesion on buccal surface examined by laser fluorescence was compared with the caries activity test of Cariescreen<sup>®</sup> test and other oral environmental test of dDfFtT. In third part, new caries activity test measured by laser fluorescence was developed on the basis of above results and evaluated the sensitivity, specificity, and diagnostic power. Optical density measured by laser fluorescence was increased as increasing the depth of incipient carious lesion and showed high correlation( $r=0.7015$ ) with lesion depth. Optical density showed direct proportion to lesion depth. Linear equation was obtained between the optical density and the lesion depth by regression analysis.

The result of caries activity test with laser fluorescence showed high correlation with those of Cariescreen<sup>®</sup> test and dDfFtT examination. Caries activity test with laser fluorescence showed 48% of sensitivity, 52% of specificity, and 45% of diagnostic power on the basis of dDfFtT examination, and also showed 48% of sensitivity, 51% of specificity, and 36% of diagnostic power on the basis of Cariescreen<sup>®</sup> test.

In regard above result, caries activity test with laser fluorescence considered to be reliable for caries activity test compared with other oral environmental test. and it was also considered to be practical because it would be simple, inexpensive, and time saving method.

**Key words** : Caries activity test, Initial caries, Laser fluorescence, Optical density