

레이저 형광법을 이용한 우식유발 예측모형

이상호 · 이창섭 · 정연화

조선대학교 치과대학 소아치과학교실, 구강생물학 연구소

국문초록

레이저 형광법을 이용하여 각 개인의 우식의 활성도를 측정할 수 있는지를 규명하기 위해 7~9세의 아동 50명을 대상으로 치아의 순면과 협면에 아르곤 레이저를 조사하고 특수 필터를 사용하여 초기 치아우식증이 관찰되는 치아의 수를 측정하고, 이와 같은 초기 치아우식증의 수를 측정하는 우식활성법과 기존의 우식활성도 측정방법인 dDfFtT rate, *Streptococcus mutans* colony count와 상관성을 비교, 평가하고, 레이저 형광법을 이용한 우식활성검사의 특이도, 민감도, 진단력을 평가한 결과, 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 아르곤 레이저 형광법을 이용한 우식활성도 측정법은 기존의 *Streptococcus mutans* colony count 검사법과 비교적 높은 상관관계를 보였다($\gamma=0.48, P<0.01$).
2. 아르곤 레이저 형광법을 이용한 우식활성도 측정법은 dDfFtT rate 검사와 상관관계가 있었다($\gamma=0.39, P<0.01$).
3. *Streptococcus mutans* colony count와 dDfFtT rate와는 낮은 상관관계가 있었다($\gamma=0.27, P<0.05$).
4. dDfFtT rate를 기준검사 방법으로 하였을 때, 레이저 형광법을 이용한 우식활성 검사법은 특이도 44.4%, 민감도 85.7%, 진단력이 87.8%였다.
5. dDfFtT rate를 기준검사방법으로 하였을 때, *Streptococcus mutans* colony count는 특이도 77.8%, 민감도 92.9%, 진단력이 84.8%였다.
6. *Streptococcus mutans* colony count 검사법을 기준검사 방법으로 하였을 때 레이저 형광법을 이용한 우식활성 검사법은 특이도 40.0%, 민감도 84.8%, 진단력이 95.1%였다.

이를 종합해 볼 때 레이저 형광법을 이용하여 관찰한 우식활성 검사법은 기존의 우식활성검사 및 구강환경 검사와 비교적 높은 상관관계, 우수한 진단학적 지표들을 보여 주므로써 향후 임상적으로 신뢰도와 타당성이 높은 우식활성 검사법으로서 그 활용 가능성이 높을 것으로 사료된다.

주요어 : 레이저 형광법, 우식활성검사법, 민감도, 특이도, *Streptococcus mutans*

1. 서 론

치아우식증은 치아의 법랑질이 산에 의해 용해되어 탈회가 유발되는 현상으로 초기에는 육안으로 표면이 정상 법랑질에 비해 더 하얗게 관찰되므로 임상적으로 백반(white spot)이라 불리운다. 이와같은 법랑질 표면의 초기 치아우식증은 치질을 완전히 건조시켰을 때 색조의 차이에 의해 건전 법랑질과 육안 판별이 가능하나 구강내에서 치질이 타액에 젖어 있을 경우 관찰하기가 어렵고¹⁾ 방사선촬영이나 탐침 등 다른 임상적인 치아

우식검사법에 의해서도 잘 관찰되지 않으므로 초기우식증을 진단하기는 쉽지 않다¹⁻³⁾.

우식증이 진행되어 이미 와동이 형성된 경우 방사선촬영, 탐침, 염색법⁴⁾ 등에 의해 진단이 가능하지만 이 때는 치질의 불가역적인 파손으로 인해 원상태의 복구는 인공적인 수복재료에 의해 이루어질 수 밖에 없다. 따라서 이 경우에는 심미적이나 기능적으로 완전한 회복이 어려울 뿐 만 아니라 수복 후 치수과민, 이차적인 치아우식증 등의 부작용이 유발될 수 있는 가능성이 있다.

*이 논문은 1998년도 한국학술진흥재단의 자유공모연구(KRF-1998-001-F00686) 지원에 의해 연구되었음

법랑질에 국한된 초기 우식병소는 구강위생상태의 개선이나 불소도포 등에 의해 재광화가 가능하므로⁵⁾ 병리적 진행과정을 차단할 수 있을 뿐 아니라 원상태로 회복이 가능하다. 따라서 초기 우식증은 향후 각 개인에 있어 위생상태에 따른 우식유발의 지표로 평가될 수 있으므로 조기 진단이 간단히 이루어질 경우 각 개인의 우식활성도로 이용될 수 있다.

치아우식증을 조기에 진단하기 위한 수많은 연구들이 시행되어 왔는데^{1,6,7)} 투영법⁷⁻⁹⁾, 염색법⁴⁾, 전기전도법^{10,11)}, iodine을 침투시키는 방법¹²⁾, 빛의 산란을 이용하는 방법^{2,6)} 등이 있다. Armstrong¹³⁾이 빛에 대한 치아의 형광특성에 대해 보고한 바 이래, 치아의 빛에 대한 형광 특성에 관한 연구가 이루어져 오고 있고¹⁴⁻¹⁶⁾, Shrestha¹⁷⁾는 자외선의 형광특성을 이용하여 초기 치아우식병소를 감지할 수 있다고 보고하였다. 최근에 Bjelkhagen 등¹⁴⁾과 이와 이¹¹⁾에 의하면 아르곤 레이저의 빛의 특성을 이용하여 평활면과 교합면에서 초기우식증을 정확히 감지할 수 있다고 보고하였다.

치아우식증의 예방을 위해 개개인의 우식의 활성도를 측정, 평가하므로써 개개인에 맞는 예방처치를 처방, 시행하는 것이 불특정다수를 대상으로 일률적으로 적용하는 예방처치보다 비용과 예방효과면에서 효율성을 증가시킬 수 있다. 임상적으로 한 개인에 있어서 초기우식병소의 개수나 면적은 개인의 우식 활성도를 나타낼 수 있으므로 이를 이용한 개개인의 치아우식 활성검사법으로서도 활용가능성이 높다고 판단된다.

현재까지 각 개개인의 치아우식활성도를 검사하는 방법으로 스나이더 테스트가 널리 이용되고 있으며 최근에는 이를 좀 더 간편화시킨 개량형 스나이더 테스트(Cariostat[®])¹⁸⁾가 이용되고 있으나 이들 검사 방법들은 구강내의 *Lactobacilli*, *Streptococcus mutans*(*S. mutans*) 등 산을 발생할 수 있는 모든 종류의 세균의 수를 측정하므로써 활성도를 측정하는데, 근래에 초기우식병소는 *Lactobacilli*보다는 *S. mutans*에 역할에 의해 주로 발생된다는 여러학자들의 보고¹⁹⁻²²⁾ 이후 검사의 타당도에 문제점이 지적되었다. 따라서 최근에는 *Streptococcus mutans*만 선택적으로 배양할 수 있는 배지가 개발되어 Cariescreen[®]²³⁾, Mucount[®]²⁴⁾, Dentocult-SM[®], STRIP MUTANS test²⁵⁾ 등 *S. mutans*의 수만 측정하는 테스트 등이 소개되어 널리 활용되고 있다. 그러나 이런 방법 모두가 24시간 동안 타액내 세균을 배양시키는 과정상의 다소 복잡한 문제가 있고 따라서 검사결과의 판정이 당일에 이루어 지기 어렵다고 알려져 있다²⁶⁾. 또한 위와 같은 방법들은 오직 구강내에 존재하는 세균의 활성도만 측정하므로 실제 치아우식에 관여하는 또 다른 요소인 개개 치아의 광화도 등을 배제한 상태이므로 검사의 신뢰도와 타당성에 있어 이의를 제기할 수 있다.

본 연구는 레이저 형광법에 의해 초기 치아우식병소를 관찰하여 우식활성도를 측정하는 새로운 우식활성검사법의 진단학적 민감도, 특이성 등을 평가하여 향후 이와같은 방법의 우식활성 검사법으로서의 이용 가능성을 평가하는데 그 목적이 있다.

II. 연구대상 및 방법

1. 연구대상

조선대학교 부속치과병원 소아치과에 내원한 아동중 유구치의 탈락이 없는 7~9세 사이의 어린이 50명을 대상으로 하였으며, 남아 30명, 여아는 20명이었다.

2. 연구방법

1) 레이저 형광법에 의한 초기 우식병소를 지닌 치아의 수 측정

연구에 사용된 레이저는 488nm, 연속과장의 아르곤 레이저(HGM, SPECTRUM[™])로서 광섬유의 직경은 500 μ m이고 0.6W 출력을 사용하였다. 아동의 상 하악 치아의 협면과 인접면을 청색계통의 아르곤 레이저를 조사하였다. 치아에서 산란되는 청색의 레이저 빛을 차단하고 순수한 형광효과만 관찰하기 위해 520~540nm의 빛만 투과시키고 그 외 파장을 차단하는 노란색의 특수 유리 필터를 사용하였다. 또한 모든 치아의 협면과 인접면에 아르곤 레이저를 조사하여 형광상의 검은 빛, 즉 초기 치아우식병소를 지닌 치아의 수를 집계하였다.

특이도와 민감도를 평가하기 위해 집계한 초기치아우식병소를 보이는 치아의 수를 Axelsson²⁷⁾이 제안한 방법에 의해 따라 향후 질환이 전혀 발생되지 않거나 발생 가능성이 전혀 없는 경우는 0, 질환이 미약하게 존재하거나 시작되려 하는 경우는 1, 질환이 어느 정도 존재하거나 발생 가능성이 충분히 존재하는 경우는 2, 질환이 상당히 발생되어 있는 경우는 3으로 하여 Table 1과 같이 4단계로 분류하였다.

2) 우식경험율(Individual dDFFtT rate) 검사

치과용 진료대에서 치경과 탐침 등에 의해 연구대상 아동들의 우식치아, 우식으로 인해 발거된 치아, 충전치아를 검사하여 그 수를 기록하였다. 특이도와 민감도를 평가하기 위해 Axelsson²⁷⁾이 제안한 방법에 의해 따라 Table 2와 같이 우식경험율을 0에서 3까지 4단계로 분류하였다.

3) *Streptococcus mutans* colony count

대상 아동에게 검을 저작케 한 후 자극성 타액을 1~2ml를

Table 1. Scoring criteria for the number of teeth which showed initial carious lesion

Score	Number of teeth which showed initial carious lesion
0	0
1	1~5
2	6~10
3	11~15

Table 2. Scoring criteria for individual dDfFt rate

Score	Individual dDfFt rate
0	0~10%
1	10~20%
2	20~30%
3	over 30%

Table 4. The evaluation table of test

Screening criteria Comparative testing method	Validation criteria Standard 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)

50ml 무균 tube에 채취하고, 채취된 타액을 얼음용기에 넣어 보관하였다.

채취한 저작성 타액을 BHI (brain heart infusion) broth (DIFCO laboratories, Detroit, Mich)를 이용하여 10³, 10⁴, 10⁵배 희석한 후 타액내의 생균수를 측정하였다. 먼저 타액 0.1ml를 0.9ml BHI broth가 함유된 시험관에 가하여 잘 섞은 후, 이 과정을 반복하여 시료를 10⁵배까지 희석하였다. 희석된 시료를 Bacitracin이 첨가된 0.5ml Mitis Salivarius Agar에 증점하였고, 5% CO₂, 37℃ 배양기에서 24시간 배양한 후 colony counter를 이용하여 성장한 균 집락의 수를 측정하였다. 특이도와 민감도를 평가하기 위해 Axelsson^{26,27)}이 제안한 방법에 의해 따라 Table 3과 같이 CFU/ml를 0에서 3까지 4 단계로 분류하였다.

4) 통계분석

(1) 아르곤 레이저 형광법에 의한 초기우식병소 평가법과 각 검사간의 상관관계 검사

레이저 형광법으로 관찰한 초기우식병소가 있는 치아의 개수와 우식경험율, *Streptococcus mutans* 수에 의한 세균의 수 사이의 상관관계를 구하였다.

(2) 아르곤 레이저 형광법에 의한 초기우식병소 평가법의 특이도, 민감도, 진단력 평가

기준검사방법과 비교하고자 하는 검사방법을 정하고, Axelsson²⁷⁾이 제안한 방법에 의해 계산공식에 따라 Table 4, 5와 같은 방법으로 특이도, 민감도, 진단력 등을 평가하였다.

Ⅲ. 연구성적

1. 아르곤 레이저 형광법에 의한 초기우식병소 평가법과 각 검사간의 상관관계

Table 3. Scoring criteria for *Streptococcus mutans* colony count

Score	<i>S. mutans</i> CFU/ml
0	less than 10,000
1	10,000~100,000
2	100,000~1,000,000
3	over 1,000,000

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

$$\text{Specificity} = \frac{D}{B+D} \times 100$$

$$\text{Sensitivity} = \frac{A}{A+C} \times 100$$

$$\text{Diagnostic power} = \frac{A}{A+B} \times 100$$

우식경험율, 레이저 형광법에 의한 초기우식병소가 있는 치아의 수, *S. mutans* colony count에서의 남녀 성별에 따른 유의성있는 차이는 없었다(P>0.05)(Table 6).

레이저 형광법에 의한 초기치아우식증이 관찰된 치아의 개수는 dft rate와 Pearson 상관계수(γ)가 0.39로 양의 상관관계를 보였고, *S. mutans* colony count와는 0.48로 비교적 높은 양의 상관관계를 나타냈다(P<0.01). *S. mutans* colony count와 dDfFt rate는 Pearson 상관계수가 0.27로 양의 상관관계를 나타내었다(P<0.05),(Table 7).

2. 아르곤 레이저 형광법에 의한 초기우식병소 평가법의 특이도, 민감도, 진단력 평가

Individual dDfFt rate를 기준검사방법으로 하여, 각각의 비교실험 검사방법의 결과와 비교하였다. 레이저 형광법에 의한 초기우식병소 평가법과의 비교에서 특이도는 44.4%, 민감도는 85.7%, 진단력은 87.8%로 나타났고, *S. mutans* colony count는 특이도는 77.8%, 민감도는 92.9%, 진단력은 84.8%로 나타났다(Table 8, 10).

Table 6. Comparison of variables between male and female

Sex	dDfFt rate(%)	Laser fluorescence test	<i>S. mutans</i> count (million CFU/ml)
Male	31.40±13.63	8.57±3.17	1.81±1.77
Female	30.26±12.58	7.67±2.78	1.65±1.64
Mean	30.93±13.10	8.20±3.02	1.74±1.71
P value	0.76	0.30	0.74

Table 7. Correlation coefficient among variables related with caries activity(Unit:γ)

	Laser fluorescence test	<i>S. mutans</i> count	dDfFtT rate
Laser fluorescence test		0.48**	0.39**
<i>S. mutans</i> count			0.27*
dDfFtT rate			

** P<0.01

* P<0.05

Table 9. The evaluation table of laser fluorescence test from *S. mutans* count

Laser fluorescence test	Standard testing method	
	<i>S. mutans</i> count	
	2~3	0~1
Score 2~3	39	2
Score 0~1	7	3

Specificity=40.0%

Sensitivity=84.8%

Diagnostic power=95.1%

S. mutans colony count를 기준검사방법으로 하였을 때, 레이저 형광법에 의한 초기우식병소 평가법과의 비교에서 특이도는 40.0%, 민감도는 84.8%, 진단력은 95.1%였다(Table 9).

IV. 총괄 및 고찰

일반적으로 치아우식증이 발생되기 위해서는 치아와 타액 등의 숙주요인, 치태등의 병원체 요인, 그리고 구강위생과 식습관등의 환경요인으로 대별되는 여러 가지 원인이 서로 복합적으로 작용한다²⁸⁾. 따라서 개인에 있어 우식의 발생 가능성을 예측할 수 있는 우식활성도는 이러한 여러 가지 요인들을 종합적으로 평가하여 분석하는 것이 이상적이나 현실적으로 시간과 경비, 과정의 복잡함등 제반여건들이 쉽게 충족될 수 없으므로 인해 여러 가지 우식발생 인자중 객관적으로 쉽게 평가가 가능한 구강내 세균의 분포정도를 이용한 우식활성검사법이 많이 사용되어 오고 있다.

예전에는 치아우식을 유발하는 세균이 *Streptococcus mutans*, *Streptococcus sanguis*, *Streptococcus salivarius* 등의 연쇄상구균과 *Lactobacillus*, *Actinomyces* 등 일반적으로 산을 생성하는 일련의 균들이라고 알려져 왔다²⁹⁾. 특히 50년대 까지만 해도 *Lactobacillus* 가 우식을 유발시키는 주된 균으로 지목되어 이를 근거로 한 Snyder 검사법³⁰⁾이 우식활성검사로서의 주류를 이어왔다. 그러나 1960년 Fitzgerald와 Keyes³¹⁾가 초기우식을 유발하는데 있어 작용하는 주된 균은 *Streptococcus mutans*라고 보고한 이래 여러 학자들^{21,32)}에 의해 우식유발에 관계되는 주된

Table 8. The evaluation table of laser fluorescence test from dDfFtT rate

Laser fluorescence test	Standard testing method	
	Individual dDfFtT rate	
	2~3	0~1
Score 2~3	36	5
Score 0~1	6	4

Specificity=44.4%

Sensitivity=85.7%

Diagnostic power=87.8%

Table 10. The evaluation table of *S. mutans* count from dDfFtT rate

<i>S. mutans</i> colony count	Standard testing method	
	Individual dDfFtT rate	
	2~3	0~1
Score 2~3	39	7
Score 0~1	3	2

Specificity=77.8%

Sensitivity=92.9%

Diagnostic power=84.8%

균은 *Lactobacillus*가 아니라 *Streptococcus mutans*라는 사실이 입증되었다. *Streptococcus mutans*는 생애 초기에 주로 모친으로부터 감염되어 구강에 정착하며³³⁻³⁵⁾ 자당의 섭취빈도가 높거나 타액의 분비량이 적은 것과 같은 유리한 생태학적 조건이 부여 되면 신속히 증가하여 치아표면에 점착성 세포외다당류의 막을 형성하고, 탄수화물의 혐기적 발효를 통해 산을 생성하여 치아를 탈회시켜 우식을 발생시킨다³⁶⁾. 따라서 *Streptococcus mutans*의 활성을 측정하는 것은 우식의 발생을 초기 단계에 탐지할 수 있는 방법이 된다. 이후 이와 같은 이론에 근거하여 *Streptococcus mutans*만 선택적으로 배양할 수 있는 배지에 대해 많은 연구가 이루어 졌는데, Jordan 등²³⁾은 *Streptococci*를 선택적으로 배양할 수 있는 mitis-salivarius agar를 처음 소개하였다. 여러 연구에서 *Streptococcus mutans*는 다른 *Streptococci*계 균에 비해 고농도 자당에서 성장할 수 있다는 점, 내산성이 매우 높아 pH 5.0에서도 견딜 수 있는 점, 그리고 혐기성 환경에서 잘 자란다는 점 등의 특성이 보고되었고 이를 이용하여 *Streptococcus mutans*만 선별하여 배양할 수 있는 방법에 대해 국내외적으로 많은 연구^{20,37-40)}가 있었는데, 기본적으로 MS agar에 항생제 등 내용물을 변화시켜 그 효과를 알아보는 여러 가지 실험들이 이루어졌다. 1967년 Carlsson²⁰⁾은 특히 여기서 sulphate 약을 첨가하여 *Streptococcus mutans*만 배양할 수 있는 배지를 소개하였다. 또한 Ikeda와 Sandham¹⁶⁾은 sucrose가 40% 함유된 mitis-salivarius agar가 *Streptococcus mutans*만 선택적으로 배양할 수 있다고 보고하였다. 1973년 Gold 등³²⁾은 sucrose 20%, 0.2unit/ml bacitracin이 함유된 mitis-

salivarius agar가 *Streptococci*계 균주중 *Streptococcus mutans*를 가장 효율적으로 배양할 수 있다고 발표하여 오늘날 많이 이용하는 MSB agar의 제작을 위한 기본자료를 제공하였다. 국내에서는 이³⁹⁾가 pH 5.4의 산성도를 가진 30% 자당농도의 액체 배지에 pH지시약인 bromcresol green을 첨가한 배지를 소개하였다.

한편 여러가지 우식활성 검사법의 우식이환 예측능력을 평가하는 연구들이 보고되고 있는데 下野와 祖父江⁴¹⁾은 일반적으로 *Lactobacillus*와 *Streptococcus*계 산성세균의 활성도를 측정하는 방법으로 Snyder검사법을 개량한 Alban 검사법⁴²⁾과 Cariostat 검사법¹⁸⁾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 각종방법들이 장단점들을 가지고 있어 완벽한 검사법이 아직 개발되지 않은 실정에 있다.

따라서 본 연구는 치아우식을 유발할 수 있는 모든 요인들이 복합적으로 작용하여 이루어진 치면의 최초의 변화, 즉 법랑질 초기우식증의 정도를 아르곤 레이저를 이용한 형광법으로 조기에 탐지할 수 있는지를 평가하고 또한 이와 같은 방법이 향후 개인에서의 우식이 유발될 수 있는 가능성을 예측할 수 있는 우식활성검사법으로서의 이용가능성을 평가하였다.

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 절개 등에 이용되고 있는데⁴³⁻⁴⁶⁾, 최근에는 아르곤 레이저의 빛이 조사되는 조직에 형광을 발생시킨다는 사실이 확인되어 이를 이용한 치아우식 진단방법으로의 응용여부가 조심스럽게 접혀지고 있다.

형광이란 빛이 물체에 부딪칠 경우 반사되어 나오는 빛의 파장이 원래 조사된 빛보다 파장이 더 길어져 새로운 빛의 형태를 띠는 현상으로 자외선이나 짧은 파장의 가시광선이 조사될 경우 형광이 잘 발생한다. 치아에 자외선으로 조사하였을 때 형광이 발생됨에 대해서는 오래 전부터 널리 알려져 왔으며 우식치질과 건전치질에서 그 차이를 규명한 많은 연구들이 있었다^{13,14,47)}. 그러나 레진 등 수복물의 중합에 이용되던 자외선이 그 위해성과 장비의 복잡성때문에 가시광선으로 대체되면서 치의학분야에서 자외선의 사용이 사라지고 대신 가시광선 중합기나 아르곤 레이저가 이를 대체하였는데 최근에는 이와 같은 아르곤 레이저를 이용한 형광법이 소개되고 있다.

Bjælkhagen 등¹⁴⁾은 법랑질 초기 우식병소에 낮은 강도의 아르곤 레이저를 조사하면 형광빛을 발하는 주위 건전 법랑질에

비해 우식병소가 어두운 검은 점으로 관찰된다고 하였다. Sundström 등⁴⁾은 레이저 형광에 관한 분광학적 연구에서 여러 가지 다른 파장의 레이저 빛을 비교하였는데 488nm 아르곤 레이저를 사용할 때 약 540nm파장의 형광이 발생하며 우식치질과 정상치질 사이의 차이는 이 파장의 빛에서 가장 뚜렷하게 나타나므로 488nm 아르곤 레이저가 우식진단에 가장 유용한 파장임을 보고하였다. 본 연구에서도 488nm의 청색계통의 레이저 빛을 치면에 조사하고 520~540nm의 빛만 투과시키는 특수 필터를 사용하여 치면을 관찰한 결과 정상법랑질은 노란색의 빛을 띄나 법랑질의 초기우식병소는 경계가 명확한 검은색으로 관찰되었다. 이는 정상 치면에 조사된 빛은 파장이 길어져 520~540nm 범주로 변환되어 특수 필터를 통과해 약간 노란색으로 관찰되나 우식병소에 조사된 레이저 빛은 파장이 더 많이 길어져 520~540nm 범주를 벗어나므로서 빛이 차단되어 검은색으로 관찰된다.

실제 레이저 형광법을 이용하여 우식활성도를 측정하고자 할 때 각 개인의 초기우식병소의 정도를 평가하기 위한 방법으로 다음과 같은 몇가지 방법을 고려해 볼 수 있다. 첫째 본 연구에서와 같이 각 치아의 협면을 대상으로 초기우식병소가 발견된 치아의 개수를 측정하는 방법, 둘째 상하악 제1대구치나 제2유구치의 협면의 초기우식병소가 있는 치아의 개수를 측정하는 방법, 셋째 제1대구치나 제2유구치의 협면의 초기우식병소의 면적을 측정하는 방법 등이다. 그러나 초기우식병소의 면적을 측정하기 위해서는 사진촬영과 무정형의 면적을 측정하기 위한 컴퓨터 프로그램의 도입이 필요하므로 다소 번거로운 점이 있을 것으로 사료된다.

구강환경검사의 한 방법으로 우식이 있는 치아, 수복이 되어 있는 치아, 그리고 탈락된 치아 등을 조사하여 각 개인적으로는 우식의 정도, 그리고 집단으로는 우식의 유병율을 평가할 수 있는 방법인 dmft rate나 DMFT rate를 사용하고 있는데, 본 연구에서는 이와 같은 방법들을 약간 변형한 dDffT rate를 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 유치와 영구치를 통합하여 dDffT rate를 사용하였다.

Hafström-Björkman¹⁵⁾은 동물실험에서 레이저 형광법의 우식 감지 능력에 대해 보고하였는데 15~20일간 자당을 섭취한 쥐 50마리를 검사한 결과 일반광선 하에서 관찰된 우식병소는 쥐 한 마리당 29.1면, 레이저 형광법으로 판별되는 우식병소는 39.6면으로 육안에 비해 감도가 약 1.4배 된다고 하였다. 이와 같은 고감도의 탐지 능력을 이용하여 최근 Van de Rijke⁴⁸⁾와 Hafström-Björkman 등⁴⁹⁾은 우식병소에서 발하는 형광의 정도에 따른 광물질의 탈회량을 컴퓨터를 이용하여 측정함으로써 향후 레이저 형광법을 이용하여 우식병소에서의 탈회량에 대한 양적인 측정이 가능함을 시사하였다.

빛을 이용하여 치아우식을 전달하는 방법으로는 지금까지 빛 투과법(transillumination)이 사용되어 왔는데 광섬유를 통해 전달되는 강한 빛을 치아 반대편에 조사하여 투과되어 나오는 빛을 관찰하는 이 방법은 어느정도 진전된 우식병소를 진단할 수 있지만 법랑질에 국한된 초기 우식병소를 진단하는데는 덜 민감하다는 단점을 갖는다^{3,8,43}. 빛 투과법과 형광법의 기전에 대한 가장 큰 차이점은 레이저 형광법은 관찰되는 빛이 조사된 빛이 아니라 치질 자체에 변형된 빛이며 이 빛의 차이는 탈회 정도와 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 있다⁴⁹.

본 연구에서 레이저 형광법에 의한 초기치아우식증이 관찰된 치아의 개수는 dDfFtT rate와 상관관계수가 0.39, *S. mutans* colony count와는 0.48로 상관관계가 있음을 나타내었다. 이와 같이 레이저 형광법을 이용한 초기우식증도에 관한 측정수치는 *Streptococcus mutans* colony count와 비교적 높은 상관도를 보임으로써 향후 우식활성검사로의 응용 가능성이 높은 것으로 사료된다. *S. mutans* count와 dDfFtT rate는 상관관계수가 0.27로 낮은 상관관계를 보였는데, 이것은 초기의 우식발생에는 주로 *Streptococcus mutans*가 기여를 하고, dDfFtT rate는 어느 정도 진행된 우식을 나타내는 것이기 때문에 상관관계가 낮은 것 같다. Snyder³⁰는 우식활성검사가 신뢰도와 타당성을 갖기 위해 검사의 이론적 배경이 있어야 하고, 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 우식활성 검사법이 신뢰성이 높다고 판단될 경우 검사의 타당도에서는 다른 검사법에 비해 매우 우수하므로 앞으로 임상에 적극 활용될 가능성이 높다고 생각된다.

특이도는 질병을 가지고 있지 않은 환자에서 질병의 부재를 검색하는 능력이고, 민감도는 질병을 가지고 있는 환자에서 질병의 존재를 검색하는 능력이고, 진단력(양성 예측도)은 실제 발생될 가능성이 있는 정도를 예측할 수 있는 능력이다. Koroluk와 Hoover¹⁸에 의하면 *S. mutans* counts의 특이도와 민감도가 71%, 64%였고, Cariostat test의 특이도와 민감도는 14%, 98%였고, 이 두 검사가 유의할 만한 상관관계가 있으나, 시간소모가 되고, 상대적으로 비싸고, 특정인에게는 모호한 결과가 나타날 수도 있으므로 따라서 치아우식감수성을 위해 환자를 평가하는 더 효과적인 방법은 시각적인 검사로 시행되어야 한다고 하였다. 본 연구에서는 *S. mutans* counts의 특이도는 77.8%, 민감도는 92.9%였고, 레이저 형광법을 이용한 우식활성검사법의 특이도, 민감도, 진단력은 dDfFtT rate를 기준검사방법으로 하였을 때는 44.4%, 85.7%, 87.8%였고, *S. mutans* counts를 기준검사방법으로 하였을 때는 40.0%,

84.8%, 95.1%로 매우 높은 수치를 보였다.

교합면 우식증에 대한 레이저 형광법의 특이도와 민감도에 대한 Ferreira Zandoná 등⁵⁰의 실험실 연구에 의하면, 치태가 존재하였을 때, 특이도가 55%, 민감도가 43%였고, 치태가 부재하였을 때는 특이도가 29%로 감소하였고, 민감도가 54%로 증가하였으며, 0.075% sodium fluorescein을 이용한 Dye-enhanced laser fluorescence가 레이저 형광법보다 더 진단적임을 보고하였다. 인접면 우식증에 대한 레이저 형광법의 특이도와 민감도에 대한 Eggertsson 등⁵¹의 실험실 연구에 의하면, 특이도가 56~74%, 민감도가 67~78%였고, Dye-enhanced laser fluorescence와 레이저 형광법이 비슷한 진단학적 가치를 보임을 보고하였다.

그러나 레이저를 사용할 때 임상에서 고려하여야 할 사항은 술자와 환자에 대한 레이저의 유해작용인데 Powell 등⁴⁶의 보고에 의하면 아르곤 레이저의 경우 본 연구에서와 같이 치아우식증의 탐지, 우식의 예방 등 낮은 출력, 특히 본 연구에서 사용한 0.6W의 출력은 법랑질 표면이나 치수의 열자극 등 유해한 효과를 야기하지 않는다고 하였다. 또한 술자와 환자에게 유해작용이 거의 없는 매우 안전한 방법이다.

레이저 형광법을 이용한 우식활성 검사는 각 개인의 구강내 존재하는 세균의 활성도와 개개 치아의 석회화 등 여러가지 요소가 복합적으로 작용하여 발생시키는 최초의 치아표면의 변화를 포착하여 이를 수치화함으로써 그 신뢰도와 타당성 면에 있어 기존의 방법보다 우수하며 절차가 간단하고 검사 결과를 즉석에서 알 수 있으며, 또한 비용이 많이 들지 않는다는 점 등이 장점으로 생각된다. 이와 같은 방법이 실용화될 경우 다수인의 치아우식활성도를 짧은 시간내에 측정할 수 있으므로 지역이나 국가단위 대단위 역학조사도 간단하게 시행할 수 있으리라 전망된다.

V. 결 론

레이저 형광법을 이용하여 각 개인의 우식의 활성도를 측정할 수 있는지를 규명하기 위해 7~9세의 아동 50명을 대상으로 치아의 순면과 협면에 아르곤 레이저를 조사하고 특수 필터를 사용하여 우식의 판별정도를 관찰하고 우식치아의 개수를 측정하여 기존의 우식활성도 측정방법인 dDfFtT rate, *Streptococcus mutans* colony count와 상관성을 비교, 평가하고, 레이저 형광법을 이용한 우식활성검사의 특이도, 민감도, 진단력을 평가한 결과, 다음과 같은 결과를 얻었다.

1. 아르곤 레이저 형광법을 이용한 우식활성도 측정법은 기존의 *Streptococcus mutans* colony count검사법과 비교적 높은 상관관계를 보였다($\gamma=0.48, P<0.01$).
2. 아르곤 레이저 형광법을 이용한 우식활성도 측정법은 dDfFtT rate 검사와 상관관계가 있었다($\gamma=0.39, P<0.01$).
3. *Streptococcus mutans* colony count와 dDfFtT rate와는 낮은 상관관계가 있었다($\gamma=0.27, P<0.05$).
4. dDfFtT rate를 기준검사방법으로 하였을 때, 레이저 형광

법을 이용한 우식활성검사법은 특이도 44.4%, 민감도 85.7%, 진단력이 87.8%였다.

5. dDfT rate를 기준검사방법으로 하였을 때, *Streptococcus mutans* colony count는 특이도 77.8%, 민감도 92.9%, 진단력이 84.8%였다.

6. *Streptococcus mutans* colony count검사법을 기준검사방법으로 하였을 때 레이저 형광법을 이용한 우식활성검사법은 특이도 40.0%, 민감도 84.8%, 진단력이 95.1%였다.

이를 종합해 볼 때 레이저 형광법을 이용하여 관찰한 우식활성 검사법은 기존의 우식활성검사 및 구강환경검사와 비교적 높은 상관관계, 우수한 진단학적 지표를 보여 주므로써 향후 임상적으로 신뢰도와 타당성이 높은 우식활성검사법으로서 그 활용 가능성이 높을 것으로 사료된다.

참고문헌

- 이난영, 이상호 : 아르곤 레이저 광감각법에 의한 범광질 우식증 조기탐지 효과에 관한 연구. 대한소아치과학회지 24:313-321, 1997.
- Angmar-Månsson B, ten Bosch JJ : Optical methods for the detection and quantification of caries. Adv Dent Res 1:14-20, 1987.
- Harless JD, Wefel JS : Comparison of artificial white spots by microradiography. J Dent Res 63:1271-2180, 1984.
- Sundström F, Fredriksson K, Montan S, Hafström-Björkman U : Laser induced fluorescence from sound and carious tooth substance : spectroscopic studies. Swed Dent J 9:71-80, 1985.
- Levine RS : Remineralization of natural carious lesion on enamel. Brit Dent J 137:132-141, 1974.
- Angmar-Månsson B, ten Bosch JJ : Advances in methods for diagnosing coronal caries-A review. Adv Dent Res 7(2):70-79, 1993.
- Naleway CA, Webster D, Wazniak WT et al. : Assessment of demineralization using luminescence. J Den Res 58(IADR Abast):136, 1979.
- Alfano RR, Yao SS : Human teeth with and without dental caries, studied by visible luminescent spectroscopy. J Dent Res 80:120-122, 1981.
- Friedman J, Marcus MI : Transillumination of the oral cavity with use of fiber optics. JADA 80:801-809, 1970.
- Flaitz CM, Hicks MJ, Silverstone LM : Radiographic, histologic, and electronic comparison of occlusal caries : an in vitro study. Pediatr Dent 8:24-28, 1986.
- Rock WP, Kidd EAM : The electronic detection of demineralization in occlusal fissures. Br Dent J 164:243-247, 1988.
- Bakhos Y, Brundevold F, Aasenden R : In vivo estimation of the permeability of surface human enamel. Arch Oral Biol 22:599-603, 1977.
- Armstrong WG : Fluorescence characteristics of sound and carious human dentin preparations. Arch Oral Biol 8:79-90, 1963.
- Bjëlkhagen H, Sundström F, Angmar-Månsson B, Ryden H : Early detection of enamel caries by the luminescence excited by visible laser light. Swed Dent J 6:1-7, 1982.
- Hafström-Björkman U, Sundström F, Angmar-Månsson B : Initial caries diagnosis in rat molars, using laser fluorescence. Acta Odontol Scand 49:27-33, 1991.
- Ikeda T, Sandham HJ : Changes in Streptococci and negro children. Arch Oral Biol 18:555-566, 1973.
- Shrestha BM : Use of ultraviolet light in early detection of smooth surface carious lesions in Rats. Caries Res 14:448-451, 1980.
- Koroluk L, Hoover JN : The sensitivity and specificity of a colorimetric microbiological caries activity test(Cariostat) in preschool children. Pediatr Dent 16(4):276-281, 1994.
- Axelsson P, Kristofferson 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.
- Carlsson J : Growth of Streptococcus mutans and Streptococcus sanguis in mixed culture. Arch Oral Biol 16:963-965, 1971.
- 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.
- Woods D : A dental caries susceptibility test based on the occurrence of streptococcus mutans in plaque material. Aust Dent J 16:116-121, 1971.
- Jordan HV, Larway R, Snirch R : A Simplified diagnostic system for Cultural detection & Enumeration of Streptococcus mutans. J Dent Res 66(1):57-61, 1987.
- Ansai T, Yamashita Y, Shibata Y et al. : Relationship between dental caries experience of a group of Japanese Kindergarten children and the results of two caries activity tests conducted on their

- saliva and dental plaque. *Inter J Pediatr Dent* 4:13-17, 1994.
25. Pienihäkkinen K, Jokela J : A simple method for monitoring mutans streptococci in young children. *Eur J Oral Sci* 103:61-62, 1995.
 26. 조응휘, 신승철 : 수종의 구강환경검사 결과와 현존 구강상태와의 상관관계에 관한 임상적 연구. *대한구강보건학회지* 14:243-257, 1990.
 27. Axelsson P : Salivary *S. mutans*, Plaque Formation Rate Index(PFRI) and Cariostat test in relation to caries prevalence in 14 years old children. *Swed Dent J* 35-47, 1987.
 28. Newbrun E : *Cariology*, Quintessence Pub. Co., Chicago, p273-290, 1989.
 29. Slims W : A modified Snyder test for caries-activity in humans. *Arch Oral Biol* 13:853-856, 1968.
 30. Snyder ML : A simple colorimetric method for the estimation of relative numbers of lactobacilli in the saliva. *J Dent Res* 19: 349-355, 1940.
 31. Fitzgerald RJ, Keyes DH : Demonstration of the etiologic role of Streptococci in experimental caries in the hamster. *JADA* 61:9-19, 1960.
 32. Gold G, Jordan HV, Houe JV : A selective medium for *Streptococcus mutans*. *Arch Oral Biol* 18:1357-1364, 1973.
 33. Berkowitz RJ, Jordan HV, White G : The early establishment of *Streptococcus mutans* in the mouths of infants. *Arch Oral Biol* 20:170-174, 1975.
 34. Berkowitz RJ, Turner J, Green P : Primary oral infection of infants with *Streptococcus mutans*. *Arch Oral Biol* 25:221-224, 1980.
 35. Van Houte J, Vanover L, Brecher S : Relationship of levels of the Bacterium streptococcus mutans in saliva of children and their parents. *Arch Oral Biol* 26:381-386, 1981.
 36. Hamada S, Slade HD : Biology, immunology, and cariogenicity of *Streptococcus mutans*. *Microbiol Rev* 44:331-384, 1980.
 37. 김대엽, 이광희 : 산성 고자당 액상배지를 사용한 미취학아동의 우식활성검사성과 우식경험유치면지수의 상관성. *대한소아치과학회지* 19(1):125-132, 1992.
 38. 김유정, 이광희 : 유치원아동에서 고자당배지를 이용한 우식활성검사와 우식경험유치면지수와 상관성. *대한소아치과학회지* 18(2):51-58, 1991.
 39. 이광희 : 새로운 *Streptococcus mutans* 선택배지를 이용한 실용적 우식활성검사법 개발에 관한 연구. *대한소아치과학회지* 19(1): 37-42, 1992.
 40. 이진용, 신제원, 임호남, 최유진 : 각종당류가 치아우식원성 세균 *mutans streptococci*의 대사에 미치는 영향. *대한구강보건학회지* 19(4):507-523, 1995.
 41. 下野 勉, 祖父江鎮雄 : 新しい 齒齕活性検査. *齒界展望* 34:829-835, 1974.
 42. Alban A : An improved Snyder test. *J Dent Res* 49:641-647, 1970.
 43. 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. *Pediatr Dent* 17(1):31-35, 1995.
 44. Neuman RA, Knobler RM : Treatment of oral mucous cysts with an Argon Laser. *Arch Dermatol* 126(6):829-830, 1990.
 45. O'Brien WJ, Yee J, Dennison JB et al. : The application of blue polymer curing lights for diagnostic transillumination. *JADA* 106:839-842, 1983.
 46. Powel GL, Kelsey WP, Blankenau RJ, Barkneier WW : The use of an Argon laser for polymerization of composite resin. *J Esthet Dent* 1:78-81, 1989.
 47. de Josselin de Jong E, Sundstrom 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.
 48. Van de Rijke JW : Use of dyes in cariology. *Int Dent J* 41:111-116, 1991.
 49. 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.
 50. Ferreira Zandoná AG, Analoui M, Schemehorn BR et al. : Laser fluorescence detection of demineralization in artificial occlusal fissures. *Caries Res* 32:31-40, 1998.
 51. Eggertsson H, Analoui M, van der Veen MH et al. : Detection of early interproximal caries in vitro using laser fluorescence, dye-enhanced laser fluorescence and direct visual examination. *Caries Res* 33:227-233, 1999.

Abstract

CARIES PREDICTION MODEL USING LASER FLUORESCENCE

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

*Department of Pediatric Dentistry, Oral Biology Institute
College of Dentistry, Chosun University*

The purpose of this study was to evaluate the specificity, sensitivity, and diagnostic power of caries activity test using laser fluorescence. The subjects of this study were 50 children of 7~9 years old. Fluorescence from initial carious lesion of teeth illuminated by an argon laser(480nm) was observed and photographed with barrier filter. Visual examination for the dDfFtT rate and *Streptococcus mutans* colony counting was done to evaluate correlation with caries activity test using laser fluorescence. Data analysis was accomplished by Axelsson's method.

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

1. There was positive correlation ($\gamma=0.48$) between laser fluorescence test and *Streptococcus mutans* count. And also positive correlation ($\gamma=0.39$) exists between laser fluorescence test and dDfFtT rate ($P<0.01$).
2. Positive correlation ($\gamma=0.27$) between *Streptococcus mutans* colony count and dDfFtT rate was found ($P<0.05$).
3. When dDfFtT rate was defined to standard testing method, the specificity, sensitivity, and diagnostic power of laser fluorescence test were 44.4%, 85.7%, and 87.8%.
4. When dDfFtT rate was defined to standard testing method, the specificity, sensitivity, and diagnostic power of *S. mutans* colony counting were 77.8%, 92.9%, 84.8%.
5. When *S. mutans* colony counting was defined to standard testing method, sensitivity, specificity and diagnostic power of laser fluorescence test were 40.0%, 84.8%, 95.1%.

In regard to above results, laser fluorescence test considered to be accurate and reliable method for determining caries activity because of it's close relationship with caries susceptibility test and caries experience measurements. And it was also considered to be practical because it would be simple, inexpensive, and time saving method.

Key words : Laser fluorescence, Caries activity test, Sensitivity, Specificity, *Streptococcus mutans*