

초기 우식 병소에서 광원에 따른 형광효과 비교

전정훈 · 이난영 · 이창섭 · 이상호

조선대학교 치과대학 소아치과학교실, 구강생물학연구소

국문초록

본 연구의 목적은 초기 우식 병소에서 광원에 따른 형광효과를 비교하는 것으로 정량 분석형 laser/light 형광법(Quantitative laser/light-induced fluorescence, QLF)을 이용하여 아르곤 레이저광, 할로겐광, 발광다이오드광(LED), 플라즈마광의 형광효과를 비교하였다.

발거된 60개의 치아를 선정한 후, 인공우식용액에 노출되지 않을 부분에 nail varnish를 도포하였고 치아는 24, 48, 72 시간 동안 인공우식용액에 보관되었다. 건조 후 QLF영상으로 초기 우식 부위의 광밀도 차이에 의한 탈회정도가 기록되었다. 또한 조영제를 이용하여 동일한 방법으로 실험하였고 다음과 같은 결과를 얻었다. 염료를 이용하여 같은 방법으로 실험하여 또 다른 결과를 얻었다.

1. 각 군의 평균 광밀도를 볼 때, 플라즈마광이 세 군 모두에서 다른 광원들 보다 높았다($p<0.05$).
2. 세 군 사이에서 평균 광밀도를 비교해 볼 때, 플라즈마광과 할로겐광이 차이를 보였다($p<0.05$).
3. 조영제를 사용하였을 경우 평균 광밀도를 비교해 볼 때, 플라즈마광이 세 군 모두에서 다른 광원들보다 높았고($p<0.05$), 발광다이오드광(LED)와 아르곤 레이저광을 제외한 모든 광원이 차이를 보였다($p<0.05$).
4. 조영제를 사용하지 않은 경우와 사용한 경우 평균 광밀도를 비교해 볼 때, 사용한 경우에 모든 광원의 평균 광밀도 차이가 컸다.

주요어 : 초기 우식 병소, 형광효과, 정량 분석형 laser/light 형광법(QLF)

I. 서 론

소아와 청소년에서 치아우식증의 발병률은 예전과 비교해 많이 줄어들고 있는 추세이다. 하지만, 여전히 치아우식은 치과계에서 가장 많이 발생하는 질병으로 알려져 있으며¹⁾, 임상적으로 초기에 우식을 진단하기란 쉽지 않아 소아에서 쉽고 광범위하게 진단될 수 있다²⁻⁴⁾. 또한 소아에서 계승영구치가 천천히 맹출

하는 동안 치아의 효과적인 치태조절이 힘들기 때문에 우식이 발생할 위험이 크다. 이러한 측면에서 초기 우식의 빠른 발견은 중요한데, 이는 우식이 광범위하게 진행되기 전에 발견하여, 불소도포, 식이조절, 치태조절, 항생제 치료 및 바람직한 잇솔질 교육 등으로 구강내 환경을 변화시켜 치아를 재광화시킬 수 있게 하거나, 적은 치질 삭제만으로도 치아수복을 가능하게 한다^{5,6)}.

초기 우식의 발견에 있어, 법랑질의 평활면에서는 치질을 완전히 건조시켰을 경우에 색조의 차이에 의해서 건전 법랑질과 육안판별이 가능하나 구강내에서 치질이 타액에 젖어 있을 경우 관찰하기가 어렵다고 알려져 있다^{7,8)}. 그래서 초기 우식을 발견하기 위한 다양한 진단 방법이 개발되어왔다^{9,10)}. 그 방법으로 방사선촬영이나 탐침 등을 이용한 시진과 electronic monitoring(ECM) 등이 있으나¹¹⁾, 이런 방법들은 임상적인 문제점과

교신저자 : 이 상 호

광주광역시 동구 서석동 375번지
조선대학교 치과대학 소아치과학교실
Tel : 062-220-3860
E-mail : shclee@chosun.ac.kr

※ 본 연구는 과학기술부 한국과학재단 지정 지역협력연구센터인 레이저응용 신기술개발 연구센터의 2005년도 연구비 지원에 의해 이루어졌음.

진단의 한계를 가지고 있다. 또한 이런 방법들 중 몇 가지는 우식이 상당히 진전될 때까지 발견되지 않을 수 있으며, 발견이 가능하더라도 이를 정량적으로 평가하는 힘들다¹²⁾. 이 정량적인 평가를 할 수 있는 방법으로 transverse microradiography (TMR)이 개발되었지만, 비가역적이기 때문에 임상적으로 사용하기에는 부적합하다⁹⁾.

최근 임상적인 적용과 간편함을 이유로 광학적, 육안적 방법을 중심으로 한 연구가 주를 이루고 있다. Armstrong¹³⁾이 빛에 대한 치아의 형광특성에 대해 보고한 이래, 이에 관한 연구가 많은 학자들에 의해 이루어져 왔고¹⁴⁻¹⁶⁾, Shrestha⁹⁾는 자외선의 형광특성을 이용하여 초기 치아우식 병소를 감지할 수 있다고 보고하였다. Bjelkhagen 등¹⁷⁾에 의하면 아르곤 레이저광의 빛의 특성을 이용하여 평활면과 교합면에서 초기 우식증을 정확히 감지할 수 있다고 보고된 바 있다. Mitropoulos¹⁸⁾ 등 여러 학자들은 광섬유투영법(fiber optictransillumination, FOTI)을 소개하였으며¹⁹⁾, Bakhos 등²⁰⁾은 iodine 등의 염료를 치아우식병소에 침투시켜 육안적 판별 감도의 증진을 시도한 바 있다.

새롭게 개발되고 있는 방법 중 현재 초점이 되고 있는 방법으로써, laser/light의 형광에 의한 영상을 디지털화한 정량 분석형 laser/light 형광법(Quantitative laser/light-induced fluorescence, QLF)이 있다. 이 방법은 광학적 진단법으로 진단 방법이 간단하고 영상화하기 쉬워 정량적인 분석이 가능하며 교합면 우식증을 진단할 수 있을 뿐 아니라 다른 방법으로는 잘 진단할 수 없는 평활면의 초기 우식증을 진단할 수 있다고 알려져 있다.

현재까지 광원을 이용한 형광법은 과거의 방법과 비교하거나, 형광현상에 대한 신뢰도와 타당성을 규명하거나, 정량적으로 이를 표현하는 수준에 그쳤다. 하지만 빛을 발산하는 광원에 따른 분석은 없는 상황이다. 이에 임상적으로 초기 우식 병소를 조기에 발견하기 위해 형광법을 사용하는데 있어 여러 가지 광원의 종류에 따른 연구가 필요하다고 사료된다.

본 연구는 인체에 해가 없고 안전하며 검사결과를 영상화 및 수치화하는 것이 간단하고 검사결과와 저장과 보관이 용이하며 검사 시간과 비용이 절약되는 광원에 따른 형광법을 이용하여 평활면에서 초기 우식 병소를 발견하는데 있어 광원에 따른 효율성을 연구하는데 그 목적이 있다.

II. 실험 재료 및 방법

1. 실험 재료

사람의 발거된 치아 중 협설면에 우식이나 결함이 없는 건전한 소구치나 대구치 60개를 선정하였다. 본 연구에 사용된 광원은 아르곤 레이저광, 할로겐광, 플라즈마광, 발광다이오드광(Light Emitting Diode) 그리고 형광현상의 관찰을 위해 특수한 영역의 파장만 통과시키는 반사율 4.76% 이하의 유리필터(Kenko, THK photo products, Inc, Japan)를 사용하였다.

실험에 사용된 광원으로 laser는 488nm 연속파장의 아르곤 레이저광(HGM, SPECTRUM, USA)로서 광섬유 직경은 600 μ m이고 0.6W 출력을 사용하였다. 할로겐광은 380~520nm 파장으로 광강도가 400(mW/cm²)인 XL3000[®](3M Dental Products, USA)을 사용하였다. 플라즈마광은 380~520nm 파장으로 광강도가 1900(mW/cm²)인 Flipo[®](LOKKI, France), 발광다이오드광은 440~490nm 파장으로 광강도가 800(mW/cm²)인 Elipar Freelight2[®](3M ESPE, USA)를 사용하였다.

2. 실험 방법

여러 광원을 이용한 형광법이 우식 병소에서 어느 정도 정확히 감지할 수 있는지의 여부를 평가하고, 광원에 따른 효율성을 평가하기 위해 다양한 정도의 초기 인공우식병소를 유발시킨 후 법랑질 표면을 형광법으로 광밀도를 측정하여, 광원에 따라 비교 분석하였다.

1) 시편제작

사람의 치아중 협설면 법랑질이 건전한 치아 60개를 선정하여 약 5×5mm 넓이, 5mm 두께의 치아 절편을 제작하였다.

2) 초기 인공우식 병소 유발

시편의 3mm 직경의 법랑질 표면을 접착 테이프 부착한 후 치아의 전면에 nail varnish를 도포하고 STPP 인공우식 용액(0.1M lactic acid, 0.24mM sodium-tripolyphosphate, pH at 4.2 with sodium hydroxide)에 담구어 37℃ 항온기에 1일(I 군), 2일(II 군), 3일(III 군)시간 동안 각각 20개씩 위치시켜 시간경과에 따라 다양한 깊이의 인공우식 병소를 유발하였다.

3) 초기 우식 병소 표면에서의 광밀도(optical density) 측정
4가지 광원(아르곤 레이저광, 할로겐광, 플라즈마광, 발광다이오드광)을 사용하여 인공적으로 유발한 초기 우식병소의 표면에 광을 조사하였다. 이때 치아에서 산란되는 청색의 광을 차단하고 순수한 형광만 관찰하기 위해 오렌지색(540~560nm)의 유리필터를 CCD 카메라의 렌즈 전면에 장착하고, 카메라를 Stereoscope(OLYMPUS SZ61, Japan)에 연결하여 촬영한 형광상을 PC로 전송하고 영상분석 프로그램(Image pro plus, Media cybernetics Co, USA)로 영상화하고 초기 우식 병소의 표면의 광밀도를 측정하였다.

4) 염료를 이용한 초기 우식 병소 표면에서의 광밀도 측정

염료는 0.075% sodium fluorescein solution (Fluorescein; Aldrich Chemical Company, Milwaukee, Wisc., USA)를 면봉으로 우식표면에 2분간 적용하고, 세척 후 치면을 압축 공기로 건조시켰다. 연구방법 3)에서 사용한 방법과 동일하게 광을 조사한 후 광밀도를 측정하였다.

5) 통계 분석

시간경과에 따른 우식병소의 깊이와 광원에 따른 형광을 이용하여 측정된 우식 병소의 광밀도 차이간의 유의성 검증은 반복측정자료분석법을 이용하였다. 각 광원들과 실험군 간의 유의성 검증은 one-way ANOVA 분석을 그리고 사후검정은 Tukey 법을 이용하여 $p < 0.05$ 유의수준에서 분석하였다.

Ⅲ. 실험 성적

1. 광원에 따른 초기 우식 병소의 광밀도 차이 측정

I 군에서 평균 광밀도 차이는 플라즈마, 발광다이오드, 아르곤 레이저, 할로겐광의 순이었다(Table 1). II 군에서 평균 광밀도 차이는 플라즈마, 발광다이오드, 할로겐광의 순이었으며, III 군은 II 군과 같은 순으로 나타났다. 그리고 플라즈마광이 각 군간에 변화량이 가장 컸다(Fig. 1).

1) 각 광원들의 우식병소크기에 따른 광밀도 차이의 유의성 검사 (Table 1)

플라즈마광은 모든 군 간에서 차이가 있었다($p < 0.05$). 발광다이오드광은 모든 군 간에서 차이가 없었다($p > 0.05$). 할로겐광은 모든 군 간에서 차이가 있었다($p < 0.05$). 아르곤 레이저광은 I 군과 III 군 사이에는 차이가 있었으나($p < 0.05$), I 과 II

군, II 과 III 군 사이에는 차이가 없었다($p > 0.05$).

2) I 군에서 각 광원들 간의 차이에 대한 유의성 분석 발광다이오드와 할로겐광 간의 차이만 제외하고는 다른 광원들 간에 차이가 있었다(Table 2, $p < 0.05$).

3) II 와 III 군 에서 각 광원들 간의 차이에 대한 유의성 분석 플라즈마광과 다른 광원들 사이에서만 유의성 있는 차이가 있고, 다른 광원들 간에는 차이는 보이지 않았다(Table 3).

2. 조영제를 사용한 광원에 따른 초기우식병소의 광밀도 차이 측정

I, II, III 군 모두에서 평균 광밀도 차이는 플라즈마, 아르곤 레이저, 발광다이오드, 할로겐광의 순이었다. 군간의 변화량을 볼 때 I 군과 II 군 사이에는 플라즈마광과 발광다이오드광, 그리고 II 군과 III 군 사이에는 아르곤 레이저광이 다른 광원에 비해 크게 나타났다(Table 4). 발광다이오드광은 II 군과 III 군 사이에서 광밀도 차이가 감소하는 현상을 보였다(Fig. 2).

1) 각 광원들의 우식병소크기에 따른 광밀도 차이의 유의성 검사(Table 4)

플라즈마광은 모든 군 간에서 차이가 있었다($p < 0.05$). 발광

Table 1. Mean difference of optical density on specimens using various light source

Light source	No. of Teeth	Difference of optical density(pixel) Mean \pm SD		
		Group I (1 day)	Group II (2 day)	Group III (3 day)
Plasma	20	49.00 \pm 4.243 ^a	54.35 \pm 5.284 ^b	65.10 \pm 5.739 ^c
LED	20	43.60 \pm 4.967 ^a	44.20 \pm 7.288 ^a	45.65 \pm 7.036 ^a
Halogen	20	37.20 \pm 9.950 ^a	43.70 \pm 6.752 ^b	44.55 \pm 7.770 ^c
Laser	20	43.15 \pm 3.483 ^a	45.55 \pm 5.000 ^{ab}	45.80 \pm 5.809 ^b

The different letter between group indicate significant difference($p < 0.05$)

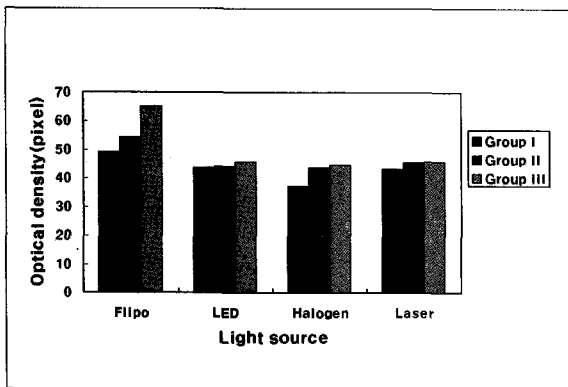


Fig. 1. Mean difference of optical density on specimens using various light source.

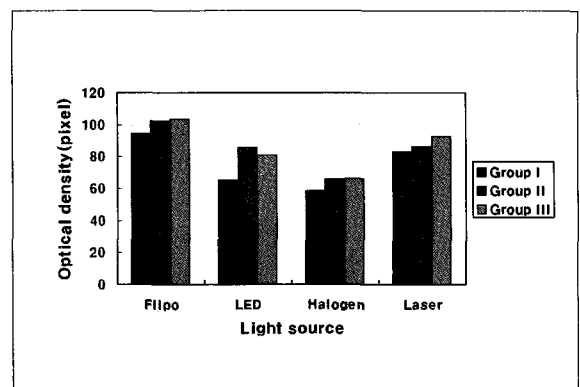


Fig. 2. The optical density on dye-enhanced specimens using various light source.

Table 2. Statistical comparison of difference of optical density between light source : Group I

	Plasma	LED	Halogen	Laser
Plasma				
LED	*			
Halogen	*	*		
Laser	*	-	*	

The different letter between group indicate significant difference(p<0.05).

Table 3. Statistical comparison of difference of optical density between light source : Group II and Group III

	Plasma	LED	Halogen	Laser
Plasma				
LED	*			
Halogen	*	-		
Laser	*	-	-	

The different letter between group indicate significant difference(p<0.05).

Table 4. Mean difference of optical density on dye-enhanced specimens using various light source

Light source	No. of Teeth	Optical density(pixel) Mean ± SD		
		1 day	2 day	3 day
Plasma	20	94.30±6.242 ^a	102.45± 8.924 ^b	103.35± 7.638 ^c
LED	20	65.25±6.560 ^a	85.65±10.307 ^b	81.00± 11.002 ^c
Halogen	20	58.30±7.328 ^a	65.55± 6.278 ^b	66.15± 7.169 ^c
Laser	20	83.15±6.892 ^a	86.05± 8.799 ^b	92.55± 7.884 ^c

The different letter between group indicate significant difference(p<0.05).

Table 5. Statistical comparison of difference of optical density on dye-enhanced specimens between light source : Group I and III

	Plasma	LED	Halogen	Laser
Plasma				
LED	*			
Halogen	*	*		
Laser	*	*	*	

The different letter between group indicate significant difference(p<0.05).

Table 6. Statistical comparison of difference of optical density on dye-enhanced specimens between light source : Group II

	Plasma	LED	Halogen	Laser
Plasma				
LED	*			
Halogen	*	*		
Laser	*	-	*	

The different letter between group indicate significant difference(p<0.05).

다이오드광은 모든 군 간에서 차이가 있었으나($p < 0.05$), II 군과 III 군 사이에선 광도 차이가 감소가 나타났다($p < 0.05$). 할로겐광은 모든 군 간에서 차이가 있었다($p > 0.05$). 아르곤 레이저광은 모든 군 간에서 차이가 있었다($p < 0.05$).

2) I 과 III 군에서 각 광원들 간의 차이에 대한 유의성 분석 모든 광원들 간의 차이가 있었다(Table 5, $p < 0.05$).

3) II 군에서 각 광원들 간의 차이에 대한 유의성 분석 발광다이오드와 할로겐광 간의 차이만 제외하고는 다른 광원들 간에 차이가 있었다(Table 6, $p < 0.05$).

IV. 총괄 및 고찰

QLF는 치아 우식을 발견하는 방법 중에 가장 최신의 기술이다. QLF의 이론에 관해서는 여러 논문과 저서에서 설명되었지만^{17,21-24)}, 간략히 요약해 보면 다음과 같다. 어떤 환경에서 치아는 형광을 하는데, Bjelkhagen 등¹⁷⁾은 탈회된 법랑질에서 형광의 감소를 처음으로 소개하였고, Angmar-Mansson와 Bosch²¹⁾는 우식 병소의 증가된 다공성은 빛의 굴절을 감소시킨다고 하였다. Hafstrom-Bjorkman 등¹⁵⁾은 치질에서의 형광현상은 488nm 파장의 레이저를 사용할 때 약 540nm 파장의 형광이 발생하며 우식 치질과 건전 치질 사이의 형광현상의 차이는 이 파장의 빛에서 가장 뚜렷하게 나타나므로 488nm 아르곤 레이저광이 우식진단에 유용한 파장이라고 주장하였다. 최근에는 일반 호형(arc) 램프도 푸른색 계통의 빛만 투과시키는 대역(band) 필터를 사용할 경우 형광현상을 유발할 수 있다는 사실이 알려졌다²⁶⁾.

이 이론은 CCD 카메라를 이용한 이미지 캡처로 우식의 정량적인 분석이 현실화되어, 우식병소를 장기간 관찰할 수 있게 되었다^{19,27)}. 병소로부터 탈회 정도를 정량화하기 위한 방법은 부담이 되는 레이저 보단 운반 가능한 lamp unit로 대체되어 한층 더 진전되고 있다²⁸⁻³⁰⁾.

QLF는 DIAGNODent나 DIFOTI(Digital imaging fiber-optic transillumination)보다 더 유용하며, 다른 방법과 비교해서 절대적인 탈회량을 측정할 수 있다. 여러 연구들은 QLF와 절대적인 탈회량 사이 관계가 $r=0.92$ 로 높다고 하였다. 간혹 빨간 형광이 나타나는데 이는 박테리아의 부산물을 보이게 하는 능력으로 병소의 활성을 결정하는데 유용할 수 있다. 뿐만 아니라 치근 우식이나 교정치료 중인 환자에서 탈회를 초기에 발견하는데 유용하다. 머지않아 일반 치과병원에서도 QLF를 임상적으로 사용할 수 있으리라 생각된다.

여러 가지 광원에 따른 개개의 민감도와 특이성 그리고 정량적인 분석은 이루어지고 있지만, 각 광원에 따른 차이를 연구한 논문은 찾아보기 힘들다. 이에 본 연구에서는 치아의 형광현상을 유발하는 광원의 종류에 따라 건전 치질과 우식치질에서의 형광현상의 차이를 구별하기 위해서 4가지 광원(아르곤 레이저

광, 할로겐광, 플라즈마광, 발광다이오드광)에서 형광현상의 차이를 가장 효과적으로 나타내는 광원을 알아내고자 하였다.

실험에 사용된 첫 번째 광원인 레이저는 488nm 연속파장의 아르곤 레이저광(HGM, SPECTRUM, USA)으로서 광섬유 직경은 600um이고 0.6W 출력을 사용하였다. 두 번째 광원인 할로겐광은 380~520nm 파장으로 광강도가 400(mW/cm^2)인 XL3000®(3M Dental Products, USA)을 사용하였다. 세 번째로 플라즈마광은 380~520nm 파장으로 광강도가 1900(mW/cm^2)인 Flipo®(LOKKI, France), 네 번째로 발광다이오드광은 440~490nm 파장으로 광강도가 800(mW/cm^2)인 Elipar Freelight2®(3M ESPE, USA)를 사용하였다.

병소의 깊이와 각 광원을 사용한 우식 치질의 광밀도의 관계를 비교해 볼 때, 플라즈마광의 형광이 병소의 깊이에 따른 광밀도의 변화를 가장 잘 나타냈으며(Fig. 1). 병소 깊이와 광밀도 사이의 상관관계 역시 플라즈마광이 가장 유의도가 높게 나타났다. 본 연구의 결과를 볼 때 치질에서의 형광현상을 효과적으로 포착하기 위해서는 플라즈마광에 의한 형광을 사용해야 한다^{31,32)}.

Ando 등³¹⁾은 초기 치아우식증의 병소 깊이와 형광성의 소실률이 강한 상관관계를 지니고 있다고 하였지만, 레이저 형광 모니터만으로는 광물질 소실량을 측정하는 것이 다소 어렵다고 하였다. 정상 치질과 우식 치질 사이의 대조도를 높이기 위한 방법으로 여러 염료(silver, nitrate, fluorescein, blue dye)의 사용에 관한 연구가 이루어져 왔다³³⁾. van de Rijke 등³⁴⁾은 형광염색으로 초기 병소량과 무기질 소실량을 비교 평가하였으나 이것을 진단적 방법으로 효용성이 있는가는 평가하지 않았다. Ferreira Zondona 등³⁵⁾은 염료와 레이저 형광법을 사용하였을 때가 단지 레이저 형광법만을 이용하였을 때보다 더 좋은 효과를 보였다고 하였다. Eggertsson 등³⁶⁾의 실험실 연구에 의하면, 특이도가 56~74%, 민감도가 67~78%였고, 형광염색과 레이저 형광법이 비슷한 진단학적 가치가 있음을 보고하였다. 본 연구에서 사용된 염료는 오랜 기간동안 안과영역에서 사용되어져 왔으며 치과영역에서 plaque-disclosing agent로 사용되어져 온 sodium fluorescein을 사용하였다. 염료를 사용하였을 때 병소의 깊이와 각 광원을 사용한 우식치질의 광밀도의 관계를 비교해 볼 때에도, 염료를 사용하지 않았을 때와 비슷한 결과가 나타났다.

이런 QLF를 사용할 경우 임상적으로 고려해야 할 사항으로는 특히 레이저의 경우, 술자와 환자에 대한 레이저의 유해작용인데 Powell 등³⁷⁾의 보고에 의하면 아르곤 레이저광의 경우 본 연구에서와 같이 치아우식의 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. 또한 본 연구는 인공우식 용액을 사용하여 치아우식증을 유발시키고 구강 외에서 실험이 이루어졌기 때문에, 실제 구강 내에서 우식 병소의 구조를 관찰하였을 때와 상이한 면이 있으리라

사료된다.

본 실험에서는 최근 연구가 활발히 이루어지고 있는 QLF에서 광원에 따른 초기 우식 병소에 대한 진단민감성을 알아보고자 하였다. 이에 네 가지 광원(아르곤 레이저광, 할로겐광, 플라즈마광, 발광다이오드광)의 형광법의 평활면의 초기 우식 병소 탐지정도를 평가하였다. 또한 그 후 염료로써 0.075% sodium fluorescein을 적용하여 재평가하였다.

각 광원들의 우식병소크기에 따른 광밀도 차이에서 플라즈마광과 할로겐광이 모든 군 간의 유의적 차이가 있었으며, 발광다이오드광과 아르곤 레이저광은 유의적 차이가 없었다. 각각의 군 내에서 광원들 간의 광밀도 차이를 비교해 볼 때, 플라즈마광만이 세 군 모두에서 다른 광원들과 유의적 차이가 있었다. 또한 각 군간의 광밀도 차이에서 플라즈마광의 변화량이 가장 컸다. 이는 형광효과를 이용한 초기 우식병의 진단 있어서, 플라즈마광이 다른 광원에 비해 효율성이 높다는 것을 의미한다. 조영제를 사용한 경우, 우식병소에 따른 광밀도 차이에서 모든 광원이 세 군 간의 유의적 차이가 있었으나 발광다이오드광은 II 군과 III 군 사이에서 광밀도 차이가 감소되는 현상을 보였다. 각각의 군 내에서 광원들 간의 광밀도 차이를 비교해 볼 때, 발광다이오드광과 아르곤 레이저광을 제외한 모든 광원 사이에서 유의한 차이가 있었다. 변화량 부분에서 모든 광원이 유의한 차이가 있었지만, 플라즈마광과 아르곤 레이저광이 그 변화량을 볼 때, 다른 광원에 비해 그 차이가 컸다. 이는 조영제를 사용할 때에도 플라즈마광이 다른 광원 보다 더 효율성이 높다는 것을 의미한다.

초기우식병소의 크기에 따른 진단에 있어 형광효과를 일으키는 여러 광원들을 비교해 본 결과, 플라즈마광이 다른 광원에 비해 효율적인 측면에서 훨씬 유용하였다.

V. 결 론

본 연구는 네 가지 광원(아르곤 레이저광, 할로겐광, 플라즈마광, 발광다이오드광)을 이용한 형광법이 우식 병소에서 어느 광원이 효율적으로 감지할 수 있는지의 여부를 평가하기 위해 시행하였다. 사람의 발거된 소구치나 대구치 60개로 시편을 제작한 다음, STPP 인공우식 병소 유발용액에 담구어 다양한 정도의 초기 인공우식병소를 유발시켰다. 우식이 유발된 법랑질 표면에 빛을 조사한 형광법 그리고 염료와 빛을 조사한 형광법을 이용한 광밀도를 측정하기 위해 CCD 카메라와 광밀도 측정 프로그램을 사용하여 다음과 같은 결과를 얻었다.

1. 각 군의 평균 광밀도를 볼 때, 플라즈마광이 세 군 모두에서 다른 광원들 보다 높았다($p < 0.05$).
2. 각 군에서 광원들간의 평균 광밀도를 비교해 볼 때, 플라즈마광만이 차이를 보였다($p < 0.05$).
3. 세 군 사이에서 평균 광밀도를 비교해 볼 때, 플라즈마광과 할로겐광이 차이를 보였다($p < 0.05$).

4. 조영제를 사용하였을 경우 평균 광밀도를 비교해 볼 때, 플라즈마광이 세 군 모두에서 다른 광원들 보다 높았고, LED와 laser를 제외한 모든 광원이 차이를 보였다($p < 0.05$).

5. 조영제를 사용하였을 경우 세 군 사이의 평균 광밀도를 비교해 볼 때, 모든 광원이 차이를 보였다 ($p < 0.05$).

6. 조영제를 사용하지 않은 경우와 사용한 경우 평균 광밀도를 비교해 볼 때 사용한 경우에 모든 광원의 평균 광밀도 차이가 컸다.

이상의 결과를 종합하면, 플라즈마광이 다른 광원들에 비해 효율적인 측면에서 임상적으로 적용하기 유용하며 이전의 레이저광의 불편함을 덜어 줄 수 있을 거라 생각된다. 본 연구는 현재 레진을 중합하기 위한 curing unit 그리고 이전에 초기 우식 진단에 유용하다고 알려진 레이저를 비교한 결과로써, 처음으로 이런 광원들의 효율적인 측면을 비교하였다. 향후 이 결과를 지지할 수 있는 추가적인 연구가 필요하다 사료된다.

참고문헌

1. Kaste LM, Selwitz RH, Oldakowski RJ, et al. : Coronal caries in the primary and permanent dentition of children and adolescents 1-17 years of age: United States, 1988-1991. J Dent Res, 75:631-641, 1996.
2. 이상호, 이난영 : 가시 레이저광을 이용한 치아우식활성점사에 관한 연구. 대한소아치과학회지, 27:161-168, 2000.
3. Angmar-Mansson B, ten Bosch JJ : Advances in methods for diagnosing coronal caries - a review. Adv Dent Res, 7:70-79, 1993.
4. Bader JD, Brown JP : Dilemmas in caries diagnosis. J Am Dent Assoc, 124:48-50, 1993.
5. Beltran-Aguilar ED, Estupinan-Day S, Baez R : Analysis of prevalence and trends of dental caries in the Americans between the 1970s and 1990s. Int Dent J, 49:322-329, 1999.
6. Schemehorn BR, Stookey GK : Nutrition and dental caries in the Americas. Int Dent J, 46:393-398, 1996.
7. Levine RS : Remineralization of natural carious lesion on enamel. Br Dent J, 137:132-141, 1974.
8. Shrestha BM : Use of ultraviolet light in early detection of smooth surface carious lesions in Rats. Caries Res, 14:448-451, 1980.
9. ten Bosch JJ : General aspects of optical methods in dentistry. Adv Dent Res, 1:5-7, 1987.
10. Ismail AI : Clinical diagnosis of precavitated carious

- lesions. *Community Dent Oral Epidemiol*, 25:13-23, 1997.
11. Ashley PF, Blinkhorn AS, Davies RM : Occlusal caries diagnosis: an in vitro histological validation of the Electronic Caries Monitor(ECM) and other methods. *J Dent*, 26:83-88, 1998.
 12. Hintze H, Wenzel A, Danielsen B, et al. : Reliability of visual examination, fibre-optic transillumination, and bite-wing radiography, and reproducibility of direct visual examination following tooth separation for the identification of cavitated carious lesions in contacting approximal surfaces. *Caries Res*, 32:204-209, 1998.
 13. Armstrong WG : Fluorescence characteristics of sound and carious human dentin preparations. *Arch Oral Biol*, 8:79-90, 1963.
 14. 이난영, 이상호 : 아르곤 레이저 광감각법에 의한 법랑질 우식증 조기탐지 효과에 관한 연구. *대한소아치과학회지*, 24:313-321, 1997.
 15. Hafstrom-Bjorkman U, Sundstrom F, Angmar-Mansson B : Initial caries diagnosis in rat molars using laser fluorescence. *Acta Odontol Scand*, 49:37-33, 1991.
 16. Ikeda T, Sandham HJ : Changes in Streptococci and negro children. *Arch Oral Biol*, 18:555-566, 1973.
 17. Bjekhagen H, Sundstrom F, Angmar-Mansson B, et al. : Early detection of enamel caries by the luminescence excited by visible laser light. *Swed Dent J*, 6:1-7, 1982.
 18. Mitropoulos CM : Comparison of fiber optic transillumination with bisecting radiographs. *Br Dent J*, 159:21-24, 1985.
 19. Hafstrom-Bjorkman U, Sundstrom 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.
 20. Bakhos Y, Brundevold F, Aasenden R : In vitro estimation of the permeability of surface human enamel. *Arch Oral Biol*, 22:599-603, 1977.
 21. Angmar-Mansson B, ten Bosch JJ : Quantitative light-induced fluorescence(QLF): a method for assessment of incipient caries lesions. *Dentomaxillofac Radiol*, 30:298-307, 2001.
 22. Tranaeus S, Heinrich-Weltzien R, Kuhnisch J, et al. : Potential applications and limitations of Quantitative Light-induced fluorescence in dentistry. *Med Laser Appl*, 16:195-204, 2001.
 23. van der Veen JH, Ferreira Zandona AG, de Josselin de Jong E, et al. : Clinical evaluation of an intra-oral quantitative light-induced fluorescence camera. *Caries Res*, 32:296, 1998.
 24. van der Veen MH, de Josselin de Jong E : Application of quantitative light-induced fluorescence for assessing early caries lesions. *Monogr Oral Sci*, 17:144-162, 2000.
 25. Angmar-Mansson B, ten Bosch JJ : Optical methods for the detection and quantification of caries. *Adv Dent Res*, 1:14-20, 1987.
 26. Lagerweij MD, van der Veen MH, Ando M, et al. : The validity and repeatability of three light-induced fluorescence system: In vitro study. *Caries Res*, 33:220-226, 1999.
 27. Sundstrom F, Hafstrom-Bjorkman U, Strom J, et al. : Evaluation of a model for short-term clinical testing of cariogenicity. *J Biol Buccale*, 17:115-120, 1989.
 28. 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.
 29. Ando M, van der Veen M, Schemehorn BR, et al. : Comparative study to quantify demineralised enamel in deciduous and permanent teeth using laser- and light-induced fluorescence. *Caries Res*, 35:464-470, 2001.
 30. al-Khateeb S, Oliveby A, de Josselin de Jong E, et al. : Laser fluorescence quantification of remineralisation in situ of incipient enamel lesions: influence of fluoride supplements. *Caries Res*, 31:132-140, 1997.
 31. Ando M, Hall AF, Eckert GJ, et al. : Relative ability of laser fluorescence techniques to quantiate early mineral loss in vitro. *Caries Res*, 31:125-131, 1997.
 32. Ando M, van der Veen M, Schemehorn BR, et al. : A comparison of quantitative light-induced laser(QLF) on white-spots in permanent and deciduous enamel. *Caries Res*, 31:281-328, 1997.
 33. Al-sehaibany F, White G, Rainey JT : The use of caries detector dye in diagnosis of occlusal carious lesions. *J Clin Pediatr Dent*, 20:293-298, 1996.
 34. van de Rike JW, Herkstroter FM, ten Bosch JJ :

- Optical quantification of approximal caries in vitro. *Caries Res*, 25:335-340, 1991.
35. Ferreira Zandona AG, Analoui M, Schemehorn BR, et al. : Laser fluorescence detection of demineralization in artificial occlusal fissure. *Caries Res*, 32:210-218, 1988.
36. Eggertsson H, Analoui M, van der Veen MH : Detection of early interproximal caries in vitro using laser fluorescence, dye-enhanced laser fluorescence and direct visual examination. *Caries Res*, 33:227-233, 1999.
37. Powell GL, Kelsey WP, Blankenau RJ, et al. : The use of an Agron laser for polymerization of composite resin. *J Esthet Dent*, 1:34-37, 1989.

Abstract

A COMPARISON OF FLUORESCENCE EFFECT OF VARIOUS
LIGHT SOURCES IN EARLY ENAMEL CARIES

Jeong-Hoon Jeon, Nan-Young Lee, Chang-Seop Lee, Sang-Ho Lee

Department of Pediatric Dentistry and Oral Biology Research Institute, College of Dentistry, Chosun University

The aim of this study was to apply the quantitative light-induced fluorescence(QLF) and use of fluorescein-enhanced QLF method for quantitative assessment of early enamel demineralization in vitro, comparing effectiveness of light sources : argon laser, halogen lamp, light emitting diode (LED) and plasma arc lamp. Sixty extracted teeth were used, prepared by gentle pumicing and coating in an acid-resistant nail-varnish, except for an exposure to a demineralizing solution. Teeth were removed at regular intervals(24, 48 and 72hrs), air-dried and QLF image were taken. Mineral loss, as measured by difference of optical density, was recorded. For dye-enhanced QLF a 0.075% sodium fluorescein dye was applied after QLF examination and mineral loss was recorded.

The following result were obtained :

1. Comparing with mean difference of optical density, plasma arc lamp was higher than other light sources in all group($p<0.05$).
2. Comparing each group with mean difference of optical density, there was significant different using plasma arc lamp and halogen lamp.
3. For use of dye-enhanced QLF, comparing with mean difference of optical density, plasma arc lamp were higher than other light sources in all group($p<0.05$).
4. With this model dye-enhanced QLF compared with QLF in optical density, dye-enhanced QLF was higher than QLF in optical density.

From the results presented in this paper, it was concluded that plasma light source was more effective compared with other light source for the detection and the quantification of early enamel caries.

Key words : Early enamel caries, Fluorescence effect, Quantitative laser/light fluorescence(QLF) method