

Diagnostic Utilization of Laser Fluorescence for Resin Infiltration in Primary Teeth

Soyoung Park, Taesung Jeong, Jiyeon Kim, Shin Kim

Department of Pediatric Dentistry, College of Dentistry, Pusan National University

Abstract

This study was performed to evaluate clinical use of laser fluorescence (LF) to identify early childhood caries lesions suitable for applying resin infiltration.

20 exfoliated primary molars with proximal caries were selected and cut buccolingually cross the central pit for regarding the mesial and distal surfaces respectively. 27 specimens corresponding to ICDAS code 1 and 2 were selected and the LF values were measured. When infiltrant resin was applied, double staining for microscopy detection has done simultaneously. Tooth samples were sliced with 0.7 mm thick. The maximum lesion depth, maximum penetration depth, and average penetration rate were measured from the confocal scanning laser microscope image. Pearson correlation analysis was performed.

The intraclass correlation coefficient of LF values shows excellent agreement. LF values had positive correlation with penetration rate, but not lesion depth and penetration depth. Significant correlation between LF readings and penetration rate was verified in deep enamel caries and dentin caries except shallow enamel caries.

Infiltrant resin could penetrate with a higher rate and LF values could be increased in more active caries lesions. In assessing radiologically similar caries lesion, laser fluorescence might be useful for identifying caries activity.

Key words : Resin infiltration, Laser fluorescence, Non-cavitated caries lesion, Caries activity

I. 서 론

치아 우식병소에 대한 최근의 접근법은 예방, 조절, 최소 침습적 수복이 주류를 이루며, 우식 관리의 최종 목적은 법랑질 탈회 병소의 진행을 정지시키는 것이다[1]. 병소의 활성도는 우식 치면의 탈회와 재광화 균형에 따라 결정되며, 초기 우식병소는 탈회가 심화되어 치질 파괴로 진행되기도 하고, 재광화에 의해 정지되기도 한다. 최소 침습 치의학적 관점에서 볼 때 재광화에 의한 회복 가능성이 있는 초기 우식을 진단하는 것은 매우 중요한 문제이다[2,3]. 전통적으로는 임상검사를 통해 치태 저류 양상

및 치면 백색병소를 검사하고 방사선사진을 확인하며, 우식 위험요인을 평가하는 등의 방법을 사용하였다. 시진, 촉진, 탐침 등의 방법을 통해 비교적 정확한 우식 진단이 가능하다는 연구결과가 보고되고 있으나, 이 방법들은 의사의 주관이 크게 작용하고, 임상경험에 의존적이라는 한계가 있다[4].

Pen-type 레이저 형광장치인 DIAGNOdent pen (KaVo, Biberach, Germany)은 교합면 및 평활면의 우식을 탐지하기 위해 소개된 장치로서, 특정 파장의 레이저를 조사하였을 때 건전 치질과 우식 치질이 서로 다른 형광을 발생시킨다는 원리를 이용한 것이다[5]. 다이오드 레이저에서 생성된 655 nm 파장의 적색광

Corresponding author : Shin Kim

Department of Pediatric Dentistry, School of Dentistry, Pusan National University, 49, Busandaehakro, Mulgeum-eup, Yangsan, 50612, Republic of Korea
Tel: +82-55-360-5180 / Fax: +82-55-360-5174 / E-mail: shinkim@pusan.ac.kr

Received October 4, 2018 / Revised November 15, 2018 / Accepted November 13, 2018

※ This study was supported by 2 year research grant, Pusan National University.

이 우식병소를 통과할 때, 치질 내의 유기분자 및 무기질에 흡수되었다가 방출되는 적외선 파장의 형광을 감지하여 우식의 진행정도를 정량화 한다. 우식세균의 대사 과정에서 생성되는 protoporphyrin IX이 주된 형광 발생원으로 알려져 있으며, 검출되는 형광은 우식 치질의 양에 비례하여 증가한다[6-8]. 레이저 형광장치는 치아의 형광 특성을 이용하는 기기 가운데 재현성이 좋고, 민감도가 높아 치아 우식의 진단에 활용될 수 있다고 평가된 바 있다[9].

최소 침습 개념에 바탕을 두어 개발된 resin infiltration은 치아를 삭제하지 않기 때문에 기타 수복법에 비해 치질 보존 측면에서 장점을 가지며, 흐름성이 좋은 저점도 레진이 모세관현상을 통해 병소 본체로 균일하게 침투하여 micropore를 채움으로써 효과를 나타낸다. 결과적으로 외부물질의 확산 통로를 봉쇄함으로써 우식의 진행을 지연시키고, 탈회로 인해 약화되었던 치질의 강도를 회복시킬 수 있으며, 탈회 법랑질의 광 투과도를 변화시켜 심미적인 개선 또한 얻을 수 있다[10-12]. 불소의 국소적 도포는 초기 우식병소의 재광화를 유도하는데 효과가 있다고 알려져 있어 널리 사용되는 방법이나, 반복 적용이 필요하고 반드시 장기간 경과를 관찰해야 하며 환자의 협조가 요구된다는 한계가 있다[1]. de Alencar CR 등[13]은 치아 우식이 관찰되는 영유아에서 식이조절이 잘 되고 일상에서 불소를 적절히 사용하며 치태가 감소하는 등 위생관리가 가능하다면 불소 바니쉬를 도포하는 것이 좋은 치료법이지만, 우식위험도나 활성도에서 개선이 보이지 않는다면 resin infiltration이 초기 우식병소를 관리하는 대안이 될 수 있다고 하였다. 또한 Ammari 등[14]은 resin infiltration이 유구치 인접면 우식의 진행을 억제하는 데 효과가 있었으며, 어린이에게 적용할 수 있고 쉽게 받아들여지는 방법이었다고 보고 한 바 있다.

이 연구는 유아기 우식증에 resin infiltration을 적용하기 위해 우식병소를 평가할 목적으로 시행되었으며, resin infiltration이 효과적으로 적용될 수 있는 초기 우식병소를 동정하는데 레이저 형광장치를 활용하는 방안에 대해 평가하고자 하였다.

II. 연구 재료 및 방법

이 연구는 부산대학교 치과병원의 임상 연구 윤리 위원회 (Institutional Review Board, IRB)의 승인을 받아 시행되었다 (PNUDH-2018-008).

1. 대상 치아의 선택 및 시편 준비

치열 교환 시기에 자연 탈락된 유구치 중 인접면 우식병소를

가진 유구치 20개를 대상으로 하였다. 선택된 치아는 연조직을 제거한 후 실험 전까지 생리식염수에 담아 4°C로 냉장보관 하였으며, 생리식염수는 1일 1회 교환하였다. 가로, 세로, 높이 1.5 cm 크기의 아크릴 레진(Tokuso Curefast, Tokuyama, Japan) 블록에 치아를 고정하고 주수 하에 경조직절편기(Accutom-50, Struers, Copenhagen, Denmark)를 이용하여 중심와를 지나도록 협설 방향으로 치아를 절단하였고, 치아의 근심면 및 원심면의 병소를 별개의 대상으로 간주하여 40개의 시편을 얻었다. 법랑질에 와동이 형성되지 않은 우식병소를 '초기 우식'으로 정의하고, 진료실 조명 하에서 International Caries Detection and Assessment System (ICDAS) 기준에 따라 평가하였을 때 건조 또는 습윤상태에서 우식성 불투과상(white spot lesion)이 관찰되는 (code 1, 2) 시편 27개를 선별하였다(Fig. 1)[15].

2. 연구방법

1) 레이저 형광값 측정

각 병소의 초기상태를 평가하기 위해 레이저 형광법에 기반한 진단장비인 DIAGNOdent pen (KaVo, Biberach, Germany)을 사용하였다. 치면의 이물질은 aluminum oxide pumice와 prophylactic brush로 제거하였고 water-air spray로 30초간 세척 후 실험에 이용하였다. 한 명의 검사자가 일주일 간격으로 각 병소의 레이저 형광값을 총 3회 측정하였으며, 반복 측정에 대한 신뢰도 검정을 위해 급내상관계수(Intra-class correlation, ICC)를 산출하였다. 병소별로 가장 높은 측정값을 대표값으로 설정하였다.

2) 레진 침투 양상 평가

(1) 1차 형광염색 및 침투레진 적용

Infiltrant resin (Icon®, DMG, Hamburg, Germany)은 제조사의 지시에 따라 적용하였다. Abdelaziz 등[16]이 제시한 방법에

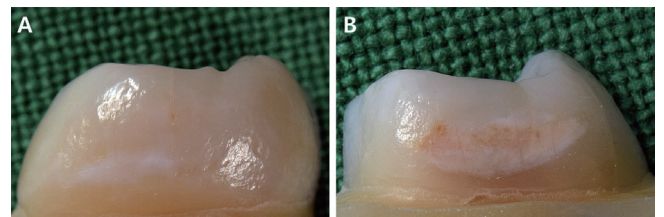


Fig. 1. Specimens fixed on the acrylic blocks. Carious lesion on the proximal surface of primary molars corresponded with (A) ICDAS code 1 and (B) ICDAS code 2.

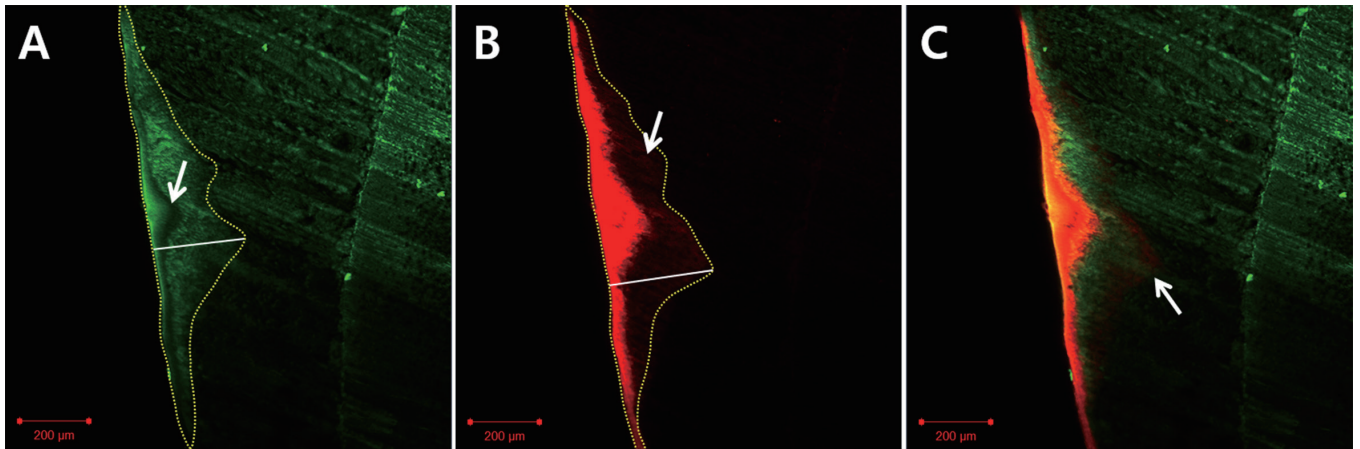


Fig. 2. Confocal laser scanning microscopic images (X 5) and assessment of resin infiltration. (A) Maximum demineralized lesion depth (LD_{max} , white line) and Area of total demineralization (LA_{demin}); (B) Maximum penetration depth (PD_{max} , white line) and Area of infiltration ($InfA_{demin}$); (C) merged image.

따라 형광 염색을 시행하였다. gel 형태의 15% 염산(Icon[®]-Etch, DMG, Hamburg, Germany)으로 산 부식을 시행한 후 세척하고, 99% 에탄올(Icon[®]-Dry, DMG, Hamburg, Germany)로 병소 내부의 잔여 수분을 제거하였다. 1차 염색에는 Rhodamine B isothiocyanate (RITC, Sigma-Aldrich, Steinheim, Germany) ethanol 용액을 사용하였으며, 용액을 병소 부위에 적용하고 12시간 동안 습윤상태를 유지하였다. 제습제가 들어있는 용기에서 3시간 동안 건조시킨 후, infiltrant resin (Icon[®]-infiltrant, DMG, Hamburg, Germany)을 적용하고 광중합하는 단계를 2회 수행하였다. 30% hydrogen peroxide (H_2O_2)에 담가 25°C에서 24시간 동안 탈색하여 infiltrant resin에 의해 고정되지 않은 부분의 염색액을 제거하였다.

(2) 2차 형광염색 및 절편 제작

주수 하에 경조직절편기(Accutom-50, Struers, Copenhagen, Denmark)를 이용하여 각 시편을 0.7 mm 두께로 절단하였다. 병소의 협설방향 너비에 따라 1 - 4개의 절편이 확보되었다. 치아 절편은 sodium fluorescein (NaFl, Sigma-Aldrich, Steinheim, Germany) ethanol 용액에 3분간 담가 2차 염색을 시행하고 흐르는 물에 30초간 세척하여 건조하였다. 염색이 완료된 절편은 슬라이드 글라스에 고정하고, 현미경 하에서 확인하기 전까지 형광 감도가 감소하는 것을 막기 위해 전용 보관 용기에 넣어 어두운 곳에 보관하였다.

(3) 레진 침투양상 평가

각 절편은 공초점 레이저 주사현미경(LSM-700, The Carl Zeiss, Germany)으로 X 10 배율에서 X 0.5 zoom out 하여 확인하였다. ZEN 2011 program (The Carl Zeiss, Germany)의 dual fluorescence mode로 촬영하여 적색 형광을 나타내는 rhodamine B isothiocyanate (RITC)와 녹색 형광을 나타내는 sodium fluorescein (NaFl)을 동시에 확인하였다. RITC는 침투 레진이 광중합 될 때 치질 상에 고정되므로 붉은 형광이 탐지되는 범위를 레진 침투 범위로 평가하였으며, 탈회되어 공극이 존재하는 영역은 NaFl에 의해 염색되므로 녹색 형광이 탐지되는 범위는 우식병소의 범위로 평가하였다. 현미경 영상의 평가에는 ImageJ[™] program (National Institutes of Health, Bethesda, USA)을 이용하였으며, 최대 탈회깊이(Maximum demineralized lesion depth, LD_{max}), 탈회영역의 면적(Area of total demineralization, LA_{demin}), 최대 침투깊이(Maximum penetration depth, PD_{max}), 침투영역의 면적(Area of infiltration, $InfA_{demin}$)을 측정하였고, 평균 레진 침투율(Penetration rate, $PR = InfA_{demin}/LA_{demin} \times 100$)을 계산하였다 (Fig. 2).

3. 통계분석

DIAGNOdent pen (KaVo, Biberach, Germany)을 이용하여 측정된 초기 우식병소의 레이저 형광값(laser fluorescence value, LF value)과 최대 탈회깊이(LD_{max}), 최대 침투깊이(PD_{max}), 레진

침투율(PR)간의 연관성을 확인하기 위해 Pearson correlation analysis를 수행하였다. 또한 공초점 레이저 주사현미경 영상 상에서 확인되는 병소의 깊이에 따라 얇은 법랑질 우식군(E1 group, 법랑질 외부 1/2에 국한된 병소), 깊은 법랑질 우식군(E2 group, 법랑질 내부 1/2까지 진행되었으나 법랑-상아 경계를 넘지 않은 병소), 상아질 우식군(D1 group, 법랑-상아 경계를 넘되 상아질 외부 1/3 이내에 국한된 병소)으로 구분하여(Fig. 3) 각 군별로 레이저 형광값과 최대 침투깊이, 레진 침투율 간의 연관성을 Pearson correlation analysis를 통해 확인하였다.

모든 통계분석은 MedCalc® 18.6버전(MedCalc® Software for Windows Version 18.6, Mariakerke, Belgium)을 사용하였고, 유의수준은 0.05로 설정하였다.

Ⅲ. 연구 성적

1. 레이저 형광 값 신뢰도 검정

27개의 시편에 대한 최대 레이저 형광값은 5 - 72였다. 레이저 형광값 반복 측정에 대한 신뢰도 검사 결과 급내상관계수(ICC, intra-class correlation)는 0.920 (95% Confidence interval: 0.849 - 0.961)으로 매우 높은 신뢰도를 나타내었다.

2. 레진 침투 양상 평가

공초점 레이저 주사현미경 촬영을 통해 561 × 561 pixel

(1285.96 × 1285.96 μm) 크기의 JPEG image file을 얻었다(Fig. 2). 영상 평가 결과 최대 탈회깊이(LD_{max})의 평균값은 484.5 μm (34.0 - 832.3 μm)였으며, 최대 침투깊이(PD_{max})의 평균값은 526.5 μm (60.6 - 919.9 μm)였다. 평균 레진 침투율은 57.2 - 160.8%로 확인되었다.

3. 통계 분석

27개 시편 전체에 대한 상관분석 결과를 Table 1에 나타내었다. 레이저 형광값과 레진 침투율 간에 양의 상관관계가 확인되었으며($r = 0.486, p = 0.010$), 최대 탈회깊이($p = 0.464$)와 최대 침투깊이($p = 0.979$)는 레이저 형광값과 유의한 상관관계를 보이지 않았다. 최대 탈회깊이와 최대 침투깊이는 서로 유의한 상관성을 보였다($r = 0.905, p = 0.000$).

공초점 레이저 주사현미경 영상 상에서 병소의 깊이를 법랑질 외부 1/2, 법랑-상아 경계, 상아질 외부 1/3을 기준으로 얇은 법랑질 우식(E1), 깊은 법랑질 우식(E2), 상아질 우식(D1)으로 구분하여 진행 정도가 유사한 병소에 대해 레이저 형광값과 최대 침투깊이 및 레진 침투율 간의 상관분석을 각각 시행한 결과를 나타내었다(Table 2 - 4). 얇은 법랑질 우식군(E1 group)에 대해서는 레이저 형광값과 상관관계를 보이는 변수가 확인되지 않았다(Table 2). 그러나 깊은 법랑질 우식군(E2, $p = 0.002$)과 상아질 우식군(D1, $p = 0.041$)에서는 레이저 형광값과 레진 침투율 간에 유의한 양의 상관관계가 확인되었다(Table 3, 4).

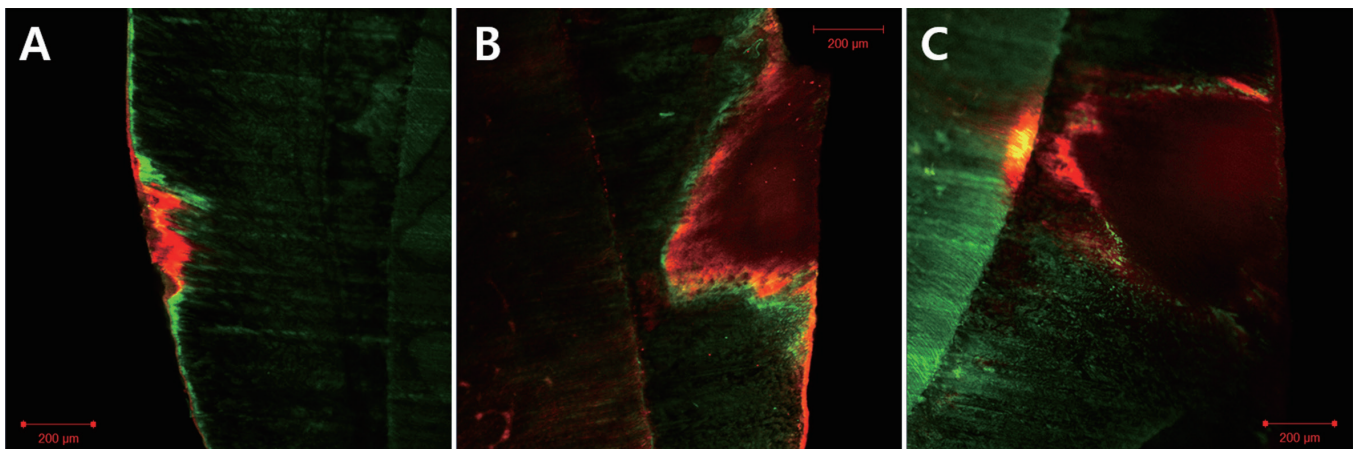


Fig. 3. Confocal laser scanning microscopic images (X 5) according to lesion depth. (A) Shallow enamel caries (E1); (B) Deep enamel caries (E2); (C) Dentin caries (D1).

Table 1. Correlation analysis between laser fluorescence value and resin infiltration

		LF value	LD _{max} (μm)	PD _{max} (μm)	PR (%)
LF value	r				
	ρ				
	N				
LD _{max} (μm)	r	-0.147			
	ρ	0.464			
	N	27			
PD _{max} (μm)	r	0.005	0.905		
	ρ	0.979	0.000		
	N	27	27		
PR (%)	r	0.486	-0.027	0.131	
	ρ	0.010	0.894	0.514	
	N	27	27	27	

ρ values were derived from Pearson correlation analysis
 LF = laser fluorescence, LD_{max} = Maximum demineralized lesion depth, PD_{max} = Maximum penetration depth, PR = Penetration rate, r = Correlation coefficient, ρ = significance level, N = number of specimens

Table 2. Correlation analysis between laser fluorescence value and resin infiltration according to lesion depth (E1 group)

		LF value	PD _{max} (μm)	PR (%)
LF value	r			
	ρ			
	N			
PD _{max} (μm)	r	0.216		
	ρ	0.607		
	N	8		
PR (%)	r	-0.395	0.202	
	ρ	0.333	0.632	
	N	8	8	

ρ values were derived from Pearson correlation analysis
 LF = laser fluorescence, PD_{max} = Maximum penetration depth, PR = Penetration rate, r = Correlation coefficient, ρ = significance level, N = number of specimens

Table 3. Correlation analysis between laser fluorescence value and resin infiltration according to lesion depth (E2 group)

		LF value	PD _{max} (μm)	PR (%)
LF value	r			
	ρ			
	N			
PD _{max} (μm)	r	-0.276		
	ρ	0.301		
	N	16		
PR (%)	r	0.718	0.001	
	ρ	0.002	0.997	
	N	16	16	

ρ values were derived from Pearson correlation analysis
 LF = laser fluorescence, PD_{max} = Maximum penetration depth, PR = Penetration rate, r = Correlation coefficient, ρ = significance level, N = number of specimens

Table 4. Correlation analysis between laser fluorescence value and resin infiltration according to lesion depth (D1 group)

		LF value	PD _{max} (μm)	PR (%)
LF value	r			
	ρ			
	N			
PD _{max} (μm)	r	-0.735		
	ρ	0.475		
	N	3		
PR (%)	r	0.998	-0.689	
	ρ	0.041	0.516	
	N	3	3	

ρ values were derived from Pearson correlation analysis
 LF = laser fluorescence, PD_{max} = Maximum penetration depth, PR = Penetration rate, r = Correlation coefficient, ρ = significance level, N = number of specimens

IV. 총괄 및 고찰

임상적, 방사선학적으로 우식의 진행 정도가 비슷한 경우에도 구강 내 우식 활성도는 개인차가 있다. 초기 우식에 대한 치료계획을 수립하는데 있어 병소의 활성도를 평가하는 것은 매우 중요한 문제이다. 치아 우식은 세균성 질환으로 치태가 저류된 치면에서 세균이 생성한 유기산에 의해 탈회기 진행되어 발생한다. 따라서 일반적으로는 임상 검사 시 치태의 저류 양상 및 탐침 시 치은 출혈 여부 등을 확인하여 간접적으로 우식 활성도를 평가하였다[4].

우식병소를 객관적인 지표에 따라 평가하기 위해 다양한 진단 도구가 개발되었으며, 특히 형광기반측정법(fluorescence-based method, FBM)은 진단의 정량화 측면에서 주목할 만한 방법이다[17]. 우식의 진행 정도에 따라 형광측정장비에 감지되는 양상이 달라진다는 것이 다수의 연구를 통해 보고되었으며, 특히 DIAGNOdent는 활성형 우식의 진행량을 평가하는데 사용되어 왔다[18-20]. 활성형 우식병소와 정지 우식병소에 대하여 병소의 깊이에 따라 DIAGNOdent를 이용하여 레이저 형광값을 측정하고 PCR (polymerase chain reaction)을 이용하여 치질 내에서 우식세균이 존재하는지를 확인한 연구에서 두 측정값 간 밀접

한 연관성을 보임이 확인되었으며[5,21], 수복을 위해 우식 치질을 제거할 때 레이저 형광법을 활용할 수 있음이 제안된 바 있다 [22-25]. 이 연구에서는 초기 우식병소의 활성화 평가에 대한 레이저 형광법 활용 가능성을 확인 해 보고자 하였다.

이번 연구의 결과에 따르면 DIAGNOdent를 이용해 측정된 레이저 형광값과 레진 침투율 간에 유의한 양의 상관관계가 확인되었다. 최대 탈회깊이를 병소의 깊이로 간주하고, 이를 법랑질 1/2, 법랑-상아 경계(Dentin-enamel junction, DEJ), 상아질 외부 1/3을 기준으로 얇은 법랑질 우식(E1), 깊은 법랑질 우식(E2), 상아질 우식(D1)으로 구분하여 병소의 깊이를 통제변인으로 설정한 후 시행한 상관분석 결과에서 E2 및 D1 병소에 대해 레이저 형광값과 레진 침투율 간에 양의 상관관계가 나타남을 확인하였다. 우식병소의 깊이가 깊어질수록 DIAGNOdent 측정값이 더 커진다는 기존의 연구결과[7]와는 달리, 전체 시편을 대상으로 한 상관분석 결과에서 최대 탈회깊이와 최대 침투깊이는 레이저 형광값과 유의한 연관성을 보이지 않았다. 이 연구에서는 초기 우식병소에 resin infiltration을 시행한 결과를 형광염색을 통해 평가하였기에 조직학적으로 확인한 병소의 깊이와 일치하지 않을 수 있으나, 병소의 깊이 외에 레이저 형광값에 영향을 미치는 또 다른 요인이 시편에 따라 차이가 있을 것으로 판단되었다. 이에 공초점 레이저 주사현미경 영상에서 진행 정도가 유사한 우식병소끼리 구분하여 병소의 깊이에 의한 영향을 배제한 후 상관분석을 시행하였고, 그 결과 E2 및 D1 범위까지 진행된 우식병소에서 레이저 형광값과 레진 침투율 간에 양의 상관관계가 확인되었다. Braga 등[26]은 활성화형 병소는 비활성형 병소에 비해 더 많이 감염되어있고, 레이저 형광값은 세균의 대사산물의 양을 반영한다고 하였다. 이미 보고 된 바와 같이 우식이 진행되어 병소가 깊어짐에 따라 레이저 형광값이 증가될 수 있으나, 우식병소의 크기가 유사하더라도 세균의 수가 많아 활성화도가 높은 상태라면 레이저 형광값이 높게 측정될 수 있다고 판단되었다.

이번 연구를 통해 레이저 형광값이 높게 측정된 병소에서 레진 침투효율이 더 높은 것으로 확인되었다. 레이저 형광값이 높을수록 세균의 수가 많고, 생성되는 유기산이 많아 탈회가 더 활발히 진행되고 있다고 볼 수 있으므로, 활성화형 병소에 resin infiltration을 시행 시 레진이 더 쉽게 병소 내부로 침투하였다고 판단하였다. 이 연구에서 레진 침투율은 최저 57.2%에서 최대 160.8%로 확인되었다. 통상적으로 resin infiltration을 시행할 경우 그 효율은 100% 미만일 것으로 생각되나, 27개의 시편 중 4개에서 탈회영역보다 침투영역의 면적이 더 넓게 측정되어 100% 이상의 침투율을 보이는 것으로 계산되었다(Fig. 2, C, arrow). 공초점 레이저 주사현미경은 치질 내에 고정된 형광 시료를 감지하는데 실험 과정에서 두 가지 염색시료를 동시에 적

용하지 않기 때문에 순서 상 마지막에 적용되는 sodium fluorescein이 치질 내로 흡수되는 양상이 제한될 가능성이 있다고 생각되며, 우식병소의 조직학적 특성 상 위치에 따라 탈회와 재광화 정도가 다르기 때문에 결과적으로 병소 내에서 감지되는 형광의 강도 또한 균일하지 않을 수 있다(Fig. 2, A - B, arrow). 이러한 이유로 탈회영역이 상대적으로 좁게, 레진 침투 영역의 너비가 상대적으로 넓게 측정되었을 가능성이 있으며, 100% 이상의 침투율을 보이는 것으로 계산될 수 있었다고 판단되었다. 이러한 실험적 오차를 감안할 때 실제로 탈회영역을 넘어 레진이 침투할 수 있다고 평가하기 보다는 우식병소 전반에 걸쳐 미세공극이 많아 높은 효율로 infiltrant resin이 침투 가능한 활성화형 병소(active carious lesion)라고 평가하는 것이 더 적절할 것으로 생각된다.

이번 연구에서는 자연 탈락된 유구치의 우식병소를 레이저 형광법으로 평가하고, resin infiltration을 적용 후 그 결과를 분석하여 레이저 형광값에 영향을 주는 요인을 평가하였다. 레이저 형광값은 레진 침투율과 유의한 양의 상관관계를 보였다. 단, 법랑질 표층에 국한된 초기 탈회병소에서는 유의성을 나타내지 않았는데 얇은 법랑질 우식은 재광화에 의한 회복 가능성이 높고, 깊은 우식으로 진행되기까지 시간이 소요되므로 초기 진단이 정확하지 않았다 할지라도 그 영향이 적을 수 있다고 생각되며, 레이저 형광법을 활용하지 않더라도 임상적으로 큰 문제가 없을 것으로 판단되었다. 깊은 법랑질 우식군과 상아질 우식군에서는 레이저 형광값과 레진 침투율 간의 유의한 관계가 확인되었지만, 상아질 우식군(D1)에 대하여 확인된 상관성은 추가 연구를 통한 검증이 필요하다고 사료되었다. 우식이 상아질 일부를 침범한 것으로 확인된 시편은 3개로 통계분석을 위한 표본 수가 부족하다는 한계가 있었으며, 대부분의 상아질 우식은 법랑질 표층의 손실을 동반하기 때문에 시편 선택 과정에서 제외되었을 가능성이 있다고 생각되었다. 레이저 형광값과 관련된 요인들 간의 연관성에 대해 정량적으로 평가하는 것은 어려웠으나, 이번 연구는 연관성에 대한 경향을 파악하고 레이저 형광법의 새로운 활용방안을 제안한 것에 의의가 있다.

소아 환자의 우식치료를 위해서는 치료에 대한 협조가능여부를 반드시 고려해야 한다. 통상적인 복합레진 수복을 위해서는 표층의 파괴가 진행되지 않았더라도 이를 물리적으로 제거하는 과정이 필요하고, 특히 인접면 우식의 경우에는 접근을 위해 건전한 치질을 삭제해야 하는 경우가 많다. 구강 내 우식 활성화도가 높은 어린이의 경우 적극적으로 우식을 제거하고 수복하는 것이 권고되나 꾸준한 위생관리가 병행되지 않을 경우 2차 우식이 발생할 가능성은 여전히 존재한다. 재치료과정은 이전보다 침습적인 처치를 시행할 수밖에 없음을 감안할 때 치질의 삭제가 이루

어지지 않는 resin infiltration은 활성형 우식을 관리하는 첫 번째 옵션으로 고려 할 만하다고 생각된다. Resin infiltration이 적용된 치면은 재광화가 불가능하고 우식의 진행을 완벽하게 막을 수는 없으나[11], 통상적인 치료에 대한 협조를 기대하기 어려운 영유아의 유치열기 초기 우식은 그 진행속도를 더디게 하는 것 만으로도 적극적인 치료 시작 시기를 늦출 수 있다는 점에서 의미가 있다. 이 연구의 결과 resin infiltration은 우식 활성도가 높은 병소에 적용하는 것이 침투 효율 면에서 효과적임이 확인되었고, 우식병소의 활성도를 평가하는데 있어 레이저 형광법을 활용할 수 있으며 특히 깊은 법랑질 우식에 대하여 진단적 가치를 가진다고 평가되었다. Lussi 등[8]은 우식 진단을 위한 DIAGNOdent 측정값 참고치를 보고한 바 있다. 방사선 사진 상 탐지되는 우식의 진행정도에 비해 레이저 형광값이 높게 측정된다면 활성도가 높은 우식으로 간주하고 불소도포 및 구강위생관리와 더불어 resin infiltration과 같은 적극적인 방법으로 관리하는 것이 필요할 것으로 판단되었다.

V. 결 론

이 연구에서는 초기 유아기 우식증 병소 중 resin infiltration을 적용하기 적절한 병소를 동정하는데 레이저 형광장치를 이용하는 방안을 제안하고자 하였다. 레이저 형광값이 크게 측정된 병소에서 레진 침투율이 높았으며, 법랑질 1/2을 넘는 진행된 우식 병소에서 이러한 경향이 더욱 뚜렷하였다. Infiltrant resin은 활성도가 높은 초기 우식병소에 적용 시 더 높은 효율로 침투 가능하며, 병소의 우식 활성도를 평가하는데 레이저 형광법이 유용할 것으로 사료되었다.

References

- Lasfargues JJ, Bonte E, Guerrieri A, Fezzani L : Minimal intervention dentistry: part 6. Caries inhibition by resin infiltration. *Br Dent J*, 214:53-59, 2013.
- Ericson D, Kidd E, Noack MJ, *et al.* : Minimally Invasive Dentistry-concepts and techniques in cariology. *Oral Health Prev Dent*, 1:59-72, 2003.
- Banerjee A, Frencken JE, Schwendicke F, Innes NPT : Contemporary operative caries management: consensus recommendations on minimally invasive caries removal. *Br Dent J*, 223:215-222, 2017.
- Guerrieri A, Gaucher C, Bonte E, Lasfargues JJ : Minimal intervention dentistry: part 4. Detection and diagnosis of initial caries lesions. *Br Dent J*, 213:551-557, 2012.
- Iwami Y, Yamamoto H, Hayashi M, Ebisu S : Relationship between laser fluorescence and bacterial invasion in arrested dentinal carious lesions. *Lasers Med Sci*, 26:439-444, 2011.
- Oancea R, Podariu AC, Folescu R, *et al.* : In vitro evaluation of laser fluorescence devices for caries detection through stereomicroscopic imaging. *Rom J Morphol Embryol*, 54:333-341, 2013.
- Hibst R, Paulus R, Lussi A : Detection of occlusal caries by laser fluorescence: basic and clinical investigations. *Med Laser Appl*, 16:205-213, 2001.
- Lussi A, Hibst R, Paulus R : DIAGNOdent: an optical method for caries detection. *J Dent Res*, 83:C80-83, 2004.
- Bader JD, Shugars DA : A systematic review of the performance of a laser fluorescence system for detecting caries. *J Am Dent Assoc*, 135:1413-1426, 2004.
- Kim EY, Kwon MS, Kim S, Jeong TS : The characteristics of resin infiltrated incipient carious lesions. *J Korean Acad Pediatr Dent*, 39:1-10, 2012.
- El Meligy OAES, Ibrahim STE, Alamoudi NM : Resin Infiltration of Non-Cavitated Proximal Caries Lesions: A Literature Review. *J Oral Hyg Health*, 6:234, 2018.
- Liu Y, Deng H, Tang L, Zhang Z : Effect of resin infiltration on microhardness of artificial caries lesions. *Zhonghua Kou Qiang Yi Xue Za Zhi*, 50:737-741, 2015.
- de Alencar CR, de Oliveira GC, Rios D, *et al.* : Resin infiltration of early carious lesion in early childhood: a case report. *Gen Dent*, 63:48-51, 2015.
- Ammari MM, Jorge RC, Souza IPR, Soviero VM : Efficacy of resin infiltration of proximal caries in primary molars: 1-year follow-up of a split-mouth randomized controlled clinical trial. *Clin Oral Investig*, 22:1355-1362, 2018.
- Ismail AI, Sohn W, Pitts NB, *et al.* : The International Caries Detection and Assessment System (ICDAS): an integrated system for measuring dental caries. *Community Dent Oral Epidemiol*, 35:170-178, 2007.
- Abdelaziz M, Rizzini AL, Krejci I, *et al.* : Comparing different enamel pretreatment options for resin-infiltration of natural non-cavitated carious lesions. *Am J Dent*, 29:3-9, 2016.
- Novaes TF, Reyes A, Mendes FM, *et al.* : Association between quantitative measures obtained using fluorescence-based methods and activity status of occlusal caries lesions in primary molars. *Int J Paediatr Dent*, 27:154-162, 2017.
- Lennon AM, Buchalla W, Switalski L, Stookey GK : Residual caries detection using visible fluorescence. *Caries Res*,

- 36:315-319, 2002.
19. Boston DW, Sauble JE : Evaluation of laser fluorescence for differentiating caries dye-stainable versus caries dye-unstainable dentin in carious lesions. *Am J Dent*, 18:351-354, 2005.
 20. Yazici AR, Baseren M, Gokalp S : The in vitro performance of laser fluorescence and caries-detector dye for detecting residual carious dentin during tooth preparation. *Quintessence Int*, 36:417-422, 2005.
 21. Iwami Y, Shimizu A, Ebisu S, *et al.* : Relationship between bacterial infection and evaluation using a laser fluorescence device, DIAGNOdent. *Eur J Oral Sci*, 112:419-423, 2004.
 22. Shi XQ, Welander U, Angmar-Månsson B : Occlusal caries detection with KaVo DIAGNOdent and radiography: an in vitro comparison. *Caries Res*, 34:151-158, 2000.
 23. Mendes FM, Hissadomi M, Imparato JC : Effects of drying time and the presence of plaque on the in vitro performance of laser fluorescence in occlusal caries of primary teeth. *Caries Res*, 38:104-108, 2004.
 24. Rodrigues JA, Diniz MB, Josgrillberg EB, Cordeiro RC : In vitro comparison of laser fluorescence performance with visual examination for detection of occlusal caries in permanent and primary molars. *Lasers Med Sci*, 24:501-506, 2009.
 25. Lussi A, Megert B, Francescut P, *et al.* : Clinical performance of a laser fluorescence device for detection of occlusal caries lesions. *Eur J Oral Sci*, 109:14-19, 2001.
 26. Braga MM, de Benedetto MS, Imparato JC, Mendes FM : New methodology to assess activity status of occlusal caries in primary teeth using laser fluorescence device. *J Biomed Opt*, 15:047005, 2010.

국문초록

유치의 레진침투법을 위한 레이저 형광법의 진단적 활용

박소영 · 정태성 · 김지연 · 김신

부산대학교 치의학전문대학원 소아치과학교실

이 연구는 레진침투법(resin infiltration, RI)을 적용하기 적합한 초기 유아기 우식증 병소를 동정하는데 있어 레이저 형광법(laser fluorescence, LF)의 활용 가능성을 평가하기 위해 수행되었다.

인접면 우식을 가진 20개의 자연 탈락 유구치를 이용, 중심와를 지나도록 협설로 절단하여 근원심 치면을 별개의 시편으로 간주하였다. ICDAS code 1과 2에 해당하는 시편 27개를 선별하였고 LF값을 측정하였다. 현미경 평가를 위해 RI 시행 시 이중 염색을 병행하였고, 절편을 제작하였다. 현미경 영상으로부터 병소깊이(최대 탈회깊이, LD_{max}), 최대 침투깊이(PD_{max}), 평균 레진 침투율(Penetration rate, PR)을 측정하고, 상관분석을 시행하였다.

LF값은 PR과 양의 상관관계를 보였으나 LD_{max} 및 PD_{max} 와는 유의성을 보이지 않았다. 얇은 법랑질 우식군을 제외하고, 깊은 법랑질 우식군과 상아질 우식군에서는 LF값과 PR 간에 유의한 상관관계가 확인되었다.

활동성 우식은 RI를 적용할 경우 침투율이 높고, LF 값이 보다 높게 측정될 수 있다. 진행 정도가 유사한 우식병소의 활성도를 평가하고자 할 경우, 레이저 형광법이 유용할 것으로 사료되었다.