

# Quantitative Light-Induced Fluorescence-Digital을 이용한 와동 내벽의 초기 이차우식병소 탐지 능력 평가

김영석<sup>†</sup>

경북대학교 치위생학과

## Evaluation of Detection Ability of a Quantitative Light-Induced Fluorescence Digital Device for Initial Secondary Caries Lesion

Young Seok Kim<sup>†</sup>

Department of Dental Hygiene, Kyungpook National University, Sangju 37224, Korea

The purpose of this study was to evaluate the detection ability of secondary caries using quantitative light-induced fluorescence-digital (QLF-D) device. Twenty bovine teeth with cavity on surface were demineralized during 21 days for secondary caries lesion of cavity wall. After 21 days, cavity was filled using composite resin and cut the specimen in half with disc. Fluorescence loss of lesion on surface by time flow, cross sectional lesion, and lesion of filled or unfilled surface were analyzed using analysis software.  $\Delta F$  (value of fluorescence loss) of the lesion on surface assessed by the QLF-D increased significantly over time up to 21 days. And  $\Delta F$  value of lesion of filled surface is significantly lower than that of unfilled surface ( $p < 0.001$ ).  $\Delta F$  of filled surface is 1.31 times of cross section lesion. The correlation of between  $\Delta F$  of filled surface lesion and  $\Delta F$  of cross section lesion was showed low agreement (0.026) and correlation of between  $\Delta F$  of unfilled surface lesion and  $\Delta F$  of cross section lesion was showed high agreement (0.613). In conclusion, secondary caries can be detected on surface using QLF-D. However, interference of fluorescence of filling material is the points to be especially considered for exact analysis of secondary caries lesion.

**Key Words:** Dental caries, Quantitative light-induced fluorescence

### 서론

치아우식증 진단 장비의 발달과 구강관리에 대한 관심의 증가로 인하여 최근 수십 년간 치아우식증의 발생률이 꾸준히 줄고 있지만, 여전히 수복물이 교체되는 주된 이유는 수복물 주변에 발생한 이차우식증에 의한 것으로 알려져 있다<sup>1)</sup>. 이차우식증은 크게 두 가지로 나누어 구분할 수 있는데 하나는 일차우식증과 유사하게 수복물 주위에 발생하는 외곽병소(outer lesion)이고, 나머지 하나는 와동 내벽과 수복물 사이의 틈을 따라 법랑질이나 상아질에 발생하는 좁은 형태의 내벽병소(wall lesion)이다<sup>2)</sup>.

이러한 이차우식증의 정확한 임상적 판단에 따라 수복물의 교체 여부가 달라지므로, 이차우식증의 탐지는 어렵고 중요한 과정이다. 하지만 이차우식증의 탐지를 위해 사용하고 있는 진단방법에는 여러 가지 제한점이 있어 초기탐지에 어려움이 많다. 기존의 탐지방법으로는 시진(visual inspection)과 방사선사진을 이용한 방법이 있는데, 두 방법 모두 주관적인 판단이라는 단점이 있다. 실제로 치아와 수복물 사이에 생기는 변색은 시진을 통한 이차우식증의 판단을 어렵게 하는 원인 중에 하나이다. 법랑질 하방의 아말감의 부식으로 생기는 청회색의 변색은 치아를 투과하면서 마치 이차우식증이 발생한 것처럼 보이게 한다. 또한 레진이나 글

Received: January 3, 2017, Revised: January 26, 2017, Accepted: February 13, 2017

ISSN 1598-4478 (Print) / ISSN 2233-7679 (Online)

<sup>†</sup>Correspondence to: Young Seok Kim

Department of Dental Hygiene, Kyungpook National University, 2559 Gyeongsang-daero, Sangju 37224, Korea  
Tel: +82-54-530-1420, Fax: +82-54-530-1429, E-mail: young1224@knu.ac.kr

Copyright © 2017 by Journal of Dental Hygiene Science

© This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

래스아이오노머의 경우 치아와의 틈에 착색이 생기거나 갈색빛 또는 회색빛으로의 변색으로 인해 이차우식증의 판단을 어렵게 한다<sup>3)</sup>. 방사선사진 역시 이차우식증 탐지를 위해 많이 사용되고 있지만, 이는 법랑질의 1/2 이상이 파괴되어야 관찰이 가능하기 때문에 이차우식증을 발견했을 때는 이미 예방적인 처치나 재광화를 기대할 수 없으며, 수복물 교체를 할 수밖에 없다. 하지만 최근 치아우식증 진단장비의 발달로 인해 초기우식병소의 탐지가 가능해지고 있다. 특히 기존의 진단 방법들이 주관적 판단이었던 것에 반해, 병소의 심도를 정량화하여 객관적으로 판단할 수 있는 장비들이 늘어나고 있다<sup>4,5)</sup>.

그 중에서 quantitative light-induced fluorescence (QLF) 시스템은 405 nm 파장의 가시광선을 치아에 조사했을 때 나타나는 건전치질과 우식병소 간의 자가형광의 차이를 이용하여 초기치아우식증을 탐지하는 비파괴적 장비로 이미 많은 연구들을 통해 신뢰성과 타당성이 이루어졌다. 또한 치면세균막 내의 세균의 형광을 탐지하여 그 성숙도를 파악할 수 있으며, 최근에는 치아의 교모 정도나 부식증 등 다양한 부분에 있어 그 연구가 확장되고 있다<sup>6-9)</sup>. 특히 QLF는 병소나 치면세균막에 대한 정도를 수치로 정량화가 가능하기 때문에 지속적으로 추적가능하며, 객관적인 정보를 얻을 수 있는 장비이다. 하지만 QLF 장비를 이용한 이차우식증 탐지에 관한 연구는 미비한 수준이다. 기존의 연구는 치아시편에 와동을 형성하고, 수복물을 충전한 뒤에 우식을 발생시키는 방식으로, 내벽병소를 평가한 것이 아닌 법랑질 표면에 발생한 외곽병소의 탐지에 대한 연구들이었다<sup>5,10,11)</sup>. 또한 기존의 연구들에서 사용된 QLF 장비는 구강카메라 형태로 해상도가 떨어지고, 내장된 필터의 한계로 인해 명확한 결과물을 얻기에 어려움이 있었다. 하지만 이번 연구에서 사용한 quantitative light-induced fluorescence-digital (QLF-D)은 digital single lens reflex (DSLR)를 이용하기 때문에 해상도가 뛰어나고 필터도 개선되어 이전의 장비에 비해 정상부위와 병소부위의 구분이 더욱 명확하다는 장점이 있다<sup>12)</sup>.

내벽병소의 이차우식증의 초기탐지가 이루어진다면 불필요한 수복물의 교체를 감소시킬 수 있을 것이다. 나아가 그에 따른 적절한 예방전략의 수립을 통해 치료계획을 세울 수 있을 것이다. 따라서 이번 연구에서는 QLF-D를 이용하여 와동 내벽에 형성된 초기 이차우식증을 탐지가 가능한지 평가해보고, 표면에서 관찰한 우식병소와 실제 와동 내벽에 발생한 병소 간에 차이가 있는지 확인해보고자 하였다.

## 연구대상 및 방법

### 1. 연구 방법

#### 1) 시편제작 및 이차 인공우식병소 형성

저속 핸드피스에 다이아몬드 디스크(Superflex 358; NTI-Kahla GmbH, Kahla, Germany)를 장착하여 크랙이나 우식이 없는 우전치를  $7 \times 10 \times 5 \text{ mm}^3$ 의 직육면체의 형태로 절단하였다. 절단된 20개의 시편의 중앙에 수복물과 이차우식증을 재현하기 위하여 round bur를 이용하여  $4 \times 7 \times 2 \text{ mm}^3$ 의 크기로 와동을 형성하였다. 그 후 우치를 아크릴 몰드에 레진(Jet™ Tooth Shade; Lang Dental MFG Inc., Wheeling, IL, USA)으로 매몰한 뒤 P800, P1500, P2400의 연마지(SiC Sand Paper; R&B Inc., Daejeon, Korea)를 이용하여 단계적으로 연마하였다. 와동 내벽을 제외한 법랑질 표면에는 내산성 바니쉬를 도포하여 정상법랑질을 보호하고, 와동 내에만 이차 인공우식병소가 형성되도록 하였다. 인공우식병소 형성을 위해 1 M lactic acid에 Carbopol 2050 (Carbopol® ETD 2050 Polymer; Noveon, Wickliffe, OH, USA)이 1% 포함된 pH 4.8의 탈회용액을 제조한 후, 각 시편 1개당 40 ml의 탈회용액에 개별로 침적시켜 37°C에서 21일 동안 탈회시켰다.

#### 2) 와동 수복

21일간 탈회가 모두 끝난 뒤에 내산성 바니쉬를 제거하고 와동에 콤포짓트 레진(Beautifil Flow F10; Shofu Inc., Kyoto, Japan)을 이용하여 와동을 수복하였다. 수복 시에는 와동에 생긴 병소의 보호를 위하여 산처리 과정 없이 바로 레진을 수복한 뒤 1분간 광중합하여 경화시켰다. 와동충진 후에 과잉의 충전물 제거를 위해 P800, P1500, P2400의 연마지를 이용하여 우식병소가 손상되지 않도록 조심스럽게 연마하였다.

#### 3) QLF-D를 이용한 탈회 병소의 형광 소실량 측정

##### (1) 시간에 따른 와동내 병소의 표면 형광 변화 측정

본 연구에서는 digital full-sensor SLR camera (Model 550D; Canon, Tokyo, Japan)에 청색광과 백색광의 LED가 카메라 본체 앞에 장착된 QLF-D system (Biluminator™; Inspektor Research Systems BV, Amsterdam, The Netherlands)을 사용하였다. 촬영조건은 shutter speed 1/30 s, aperture value 5.6, ISO speed 1600으로 고정하였고, 시편과의 거리를 고정하여 촬영 시마다 같은 환경에서 촬영할 수 있도록 조정하였다. 촬영은 0, 1, 2, 5, 10, 14, 21일마다 수복하

지 않은 시편의 표면에서 관찰되는 이차우식병소의 형광사진을 수집하였다. 시편은 촬영이 끝난 뒤 다시 탈회용액에 넣어 탈회를 진행하였다. 또한 QLF-D를 이용한 이차우식병소 측정 시 수복물에 의한 간섭을 확인해보기 위하여, 탈회가 모두 끝난 21일째에 와동 수복한 표면에서의 형광사진을 촬영하였다.

우식의 정도는 건전치면 대비 형광 소실량을 나타내는  $\Delta F(\%)$ 를 QLF-D 전용 분석프로그램(QA2 v 1.23; Inspector Research Systems BV)을 이용하여 측정하였다.

**(2) 표면에서의  $\Delta F$ 값과 단면에서의  $\Delta F$ 값의 차이 비교**

수복한 시편의 표면에서 관찰된 병소와 단면에서의 병소를 비교하기 위하여 21일째 표면 촬영이 모두 끝난 뒤, 치아 시편을 표면에 수직으로 잘라 횡단면에서 관찰할 수 있는 와동 내벽의 형광 사진을 촬영하였다.

**(3) 병소의 분석**

병소의 분석 시 횡단면에서 보이는 부분의 병소와 표면에서 보이는 부분의 병소를 일치시키기 위하여 절단선이 지나가는 부분에 있는 우식병소만을 분석하였다. 횡단면 사진 상에서 와동의 좌, 우(표면 사진 상에서는 절단선이 지나가는 와동의 상, 하) 두 군데를 측정하여 시편 하나당 2개의 측정값을 얻었다.

**2. 통계분석**

시간의 흐름에 따른 표면에서의 이차우식병소의 변화와 비수복된 시편과 수복된 시편의 표면상 형광 소실량의 차이 및 와동 내벽 병소의 형광소실량과의 차이를 분석하기 위하여 repeated measure ANOVA로 분석하였고 사후검정은

bonferroni를 이용하여 검정하였다. 또한 비수복된 시편과 수복된 시편의 표면상 형광 소실량 및 와동 내벽 병소의 형광소실량 간의 상관성분석을 위해 pearson 상관분석을 시행하였다. 통계분석은 IBM SPSS Statistics ver. 22.0 통계 패키지 프로그램(IBM Co., Armonk, NY, USA)을 이용하여 유의수준 0.05에서 수행하였다.

**결 과**

**1. 시간에 따른 와동 내 병소의 표면  $\Delta F$ 값 변화**

촬영한 형광사진을 육안으로 관찰하였을 때, 시간의 흐름에 따라 와동 주변으로 우식병소가 커져 형광소실도가 점점 감소하는 것을 관찰할 수 있었다(Fig. 1).

시간의 흐름에 따른  $\Delta F$ 값을 분석한 결과, 탈회 2일까지 표면에서 관찰되는  $\Delta F$ 값의 변화에는 유의한 차이가 없이 탐지 가능한 병소가 없는 것으로 나타났다. 5일째부터 표면에서도 유의한 차이의 우식병소가 탐지되기 시작하였으며, 시간의 흐름에 따라 탈회의 정도가 커지는 것으로 나타났다. 14일과 21일 간에는  $\Delta F$ 값의 차이가  $-6.5$ 로 가장 크게 나타났으며, 유의한 차이가 있는 것으로 나타났다( $p < 0.001$ , Table 1).

**2. 수복여부에 따른 표면에서의  $\Delta F$ 값 차이**

와동 수복 시 와동 변연에 있는 우식병소 부분이 수복물에 가려지거나 수복물의 형광에 의해 우식부분을 육안으로 판단하기에 어려운 부분들이 나타났다(Fig. 2).  $\Delta F$ 값을 비교한 결과, 비수복한 경우에는 평균  $\Delta F$ 값이  $-11.56 \pm 3.94$ ,

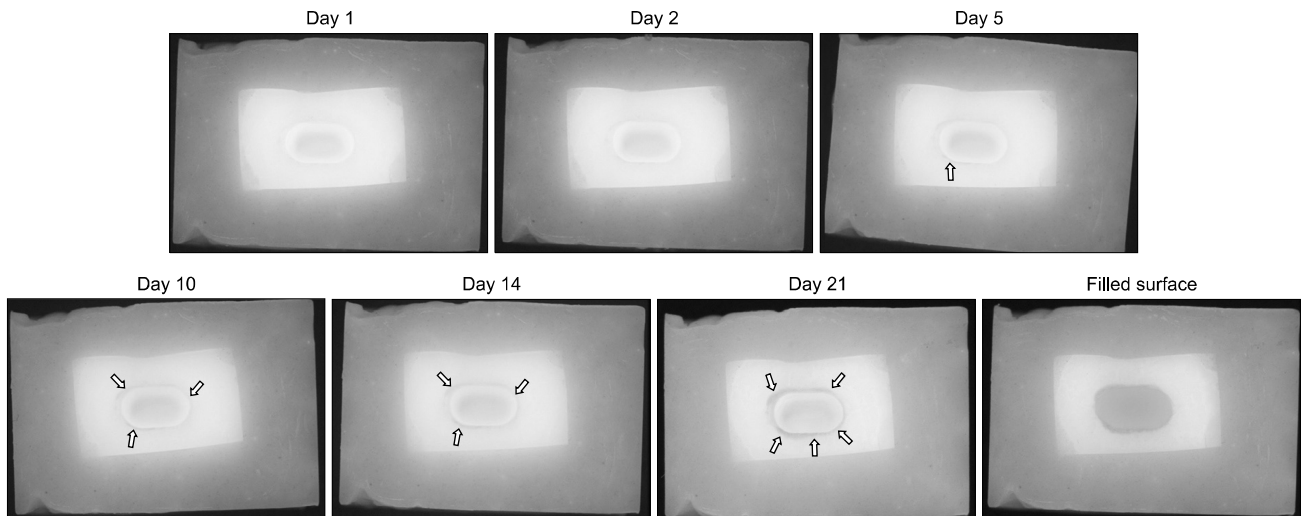


Fig. 1. Changes of secondary caries lesion on surface by time flow (white arrows: caries lesion).

**Table 1.** Comparison of  $\Delta F$  according to Time Flow and Area (n=40)

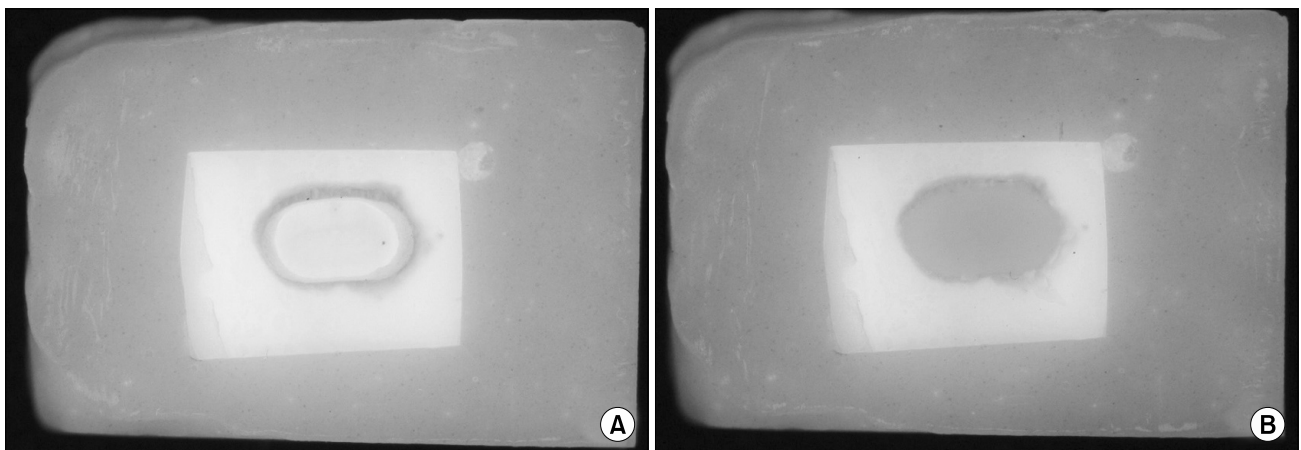
Variable	$\Delta F$	p-value
Day		< 0.001*
Day 0	0 <sup>a</sup>	
Day 1	0 <sup>a</sup>	
Day 2	-0.46±1.63 <sup>a</sup>	
Day 5	-2.10±2.95 <sup>b</sup>	
Day 10	-3.99±3.27 <sup>c</sup>	
Day 14	-4.95±3.29 <sup>d</sup>	
Day 21	-11.56±3.94 <sup>e</sup>	
Area		< 0.001*
Unfilled surface	-11.56±3.94 <sup>a</sup>	
Filled surface	-14.20±3.24 <sup>b</sup>	
Cross section	-18.64±3.75 <sup>c</sup>	

Values are presented as mean±standard deviation.  
 \*p < 0.05 by repeated measure ANOVA statistics.  
<sup>a~e</sup>The same letter indicates no significant difference by Bonferroni.

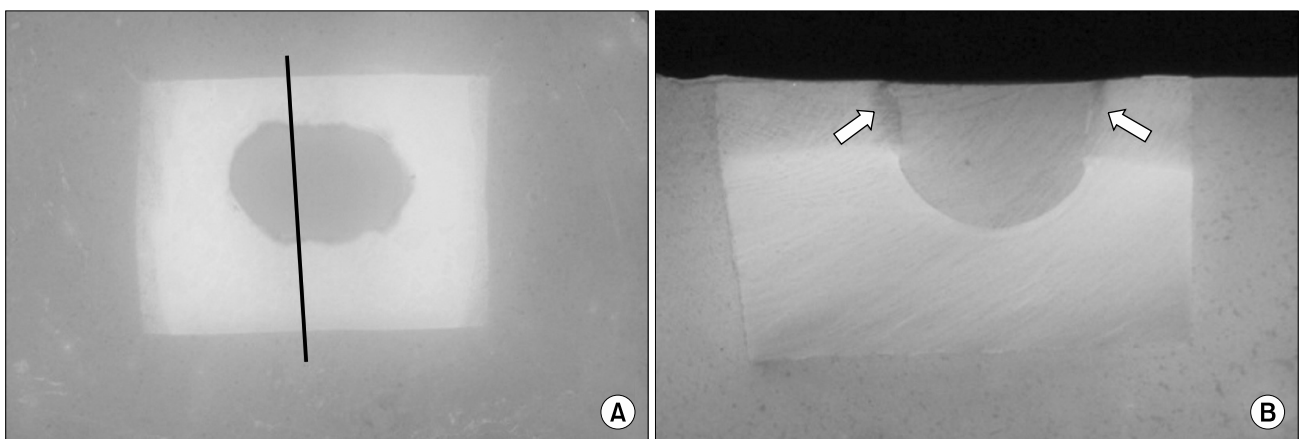
수복한 경우에는  $\Delta F$ 값이  $-14.20 \pm 3.24$ 로 2.56 정도의 차이가 나타났으며, 유의한 차이가 있는 것으로 나타났다(p < 0.001, Table 1).

### 3. 표면에서의 $\Delta F$ 값과 단면에서의 $\Delta F$ 값의 차이

횡단면에서 보이는 우식병소는 법랑질 표면 부위에서 상아질 쪽으로 연결된 깊은 형태의 우식병소로 나타났다(Fig. 3). 수복하지 않은 표면에서의  $\Delta F$ 값과 횡단면에서의  $\Delta F$ 값 간에 유의한 차이가 나타났으며, 수복된 표면의  $\Delta F$ 값과 횡단면에서 측정된  $\Delta F$ 값 간에도 유의한 차이가 나타났다(p < 0.001, Table 1). 상관분석에서는 수복하지 않은 표면에서의  $\Delta F$ 값과 횡단면에서의  $\Delta F$ 값 간에 0.613으로 강한 상관관계가 있는 것으로 나타났고, 수복된 표면의  $\Delta F$ 값과 횡단면에서 측정된  $\Delta F$ 값 간에는 0.026으로 거의 상관성이 없는 것으로 나타났다(p < 0.001, Table 2).



**Fig. 2.** Fluorescence images of unfilled and filled specimen. (A) Unfilled surface, (B) filled surface.



**Fig. 3.** Fluorescence images of secondary caries lesion specimen. (A) Caries lesion on surface, (B) caries lesion on cross section. Black line: cross section line, white arrows: caries lesion.

**Table 2.** Correlation among Filled, Unfilled Surface and Cross Section Area (n=40)

	Area		
	Unfill surface	Filled surface	Cross section
Unfill surface	1		
Filled surface	-0.014	1	
Cross section	0.613*	-0.026	1

Data was analysed by Pearson correlation statistics.  
\*p<0.001.

## 고찰

선행연구에 의하면 레진과 아말감 수복물의 교체에 있어서 가장 큰 원인은 이차우식증으로 알려져있다<sup>1)</sup>. 이차우식증의 초기탐지는 적절한 예방전략 수립과 재광화를 통해 병소를 정지시키거나 다시 회복시킴으로써 불필요한 수복물의 교체를 막을 수 있다. 또한 착색이나 변색과 혼동하지 않고 정확한 병소 부분에 대한 정확한 탐지가 이루어져야 불필요한 수복물의 교체를 줄일 수 있다<sup>13)</sup>.

따라서 이차우식증에 대한 정확한 판단을 위해 이를 초기에 정확하게 탐지할 수 있는 기술이 필요하다. 이를 위해 이번 연구에서는 초기치아우식증 탐지에 효과적인 QLF-D를 이용하여 와동 내벽에 생긴 이차우식증 탐지 능력을 평가해 보고자 하였다.

연구 결과 QLF-D를 이용해 와동 내벽에 발생한 초기 이차우식증에 대한 탐지가 가능하였으며, 시간의 흐름에 따라 치아표면에서 관찰되는 병소 역시 진행되는 것으로 관찰할 수 있었다. 이는 선행연구들의 결과와 유사하게 나타났다<sup>5,11)</sup>. 비록 선행연구들은 와동 내벽에 이차우식증을 형성한 것이 아니라 수복물 주위의 법랑질 표면을 탈회시켜 외곽병소를 발생시켰다는 차이가 있지만 시편의 표면에서 시간의 흐름에 따라  $\Delta F$ 나  $\Delta Q$ 값의 증가를 확인할 수 있었다. González-Cabezas 등<sup>5)</sup>의 연구에서는 와동 내벽에 발생시킨 이차우식증의 평가도 시도하였지만, 이전의 QLF를 사용하여 병소의 명확한 구분이 어려워 형광사진을 분석소프트웨어가 아닌 육안으로 판단하고 와동의 횡단면을 confocal laser scanning microscopy (CLSM)로 분석하여 실제로 병소가 있는지 판단하였다. 연구결과 형광사진상에서는 이차우식증이라고 판단하였는데, CLSM을 이용한 횡단면의 분석에서는 우식을 탐지할 수가 없어 명확한 결론을 내리지 못하였다고 보고하였다. 이는 표면에서 확인한 이차우식병소의 부분을 횡단으로 잘라서 CLSM 촬영을 진행해야 하는데 이러한 고려 없이 무작위로 자르면서 생긴 문제라고 생각된다.

이번 연구에서는 이러한 문제를 해결하기 위하여 해상도

가 높고, 개선된 필터를 장착한 QLF-D를 이용하였으며, 표면에서 관찰한 병소와 횡단면에서 관찰한 병소를 일치시키기 위하여 절단할 부분을 명확하게 표기하여 해당 부분의 표면 및 횡단면의  $\Delta F$ 값을 측정하였다.

이러한 과정을 통해 이번 연구에서는 표면에서의 보이는 병소부위의 횡단면에서도 실제로 병소가 존재하는 것으로 나타났다.

하지만 수복하지 않은 경우와 수복한 경우 표면에서 보이는  $\Delta F$ 값에 차이가 있는 것으로 나타났다. 수복하지 않은 경우가 수복한 경우보다  $\Delta F$ 값이 유의하게 적게 나타났는데 이는 수복물에서 나타나는 형광의 간섭에 의한 것으로 생각된다. 선행연구에 따르면 레진계열의 수복물은 QLF-D 촬영 시 제조사에 따라 다양한 형광을 나타내는 것으로 보고되었다<sup>14)</sup>. 레진 수복물의 형광이 건전법랑질과 같은 형광이라면 문제가 되지 않겠지만, 이번 연구에서 사용된 레진처럼 건전법랑질보다 형광이 어두운 경우 분석소프트웨어에서 수복물 부위를 우식으로 판단할 수 있게 된다.

이러한 오차는 표면에서 보이는  $\Delta F$ 값과 실제 병소의  $\Delta F$ 값 간의 낮은 상관성으로 이어지는 문제를 야기한 것으로 보인다. 수복물이 없는 표면에서 관찰되는 병소는 횡단면의 병소와 상관성이 아주 강하지만, 수복물이 있는 경우에는 횡단면의 병소와의 상관성이 현저하게 떨어지는 것으로 나타났다. 분석 시 우식병소와 수복물 경계를 구분하면 이러한 오차를 줄일 수 있지만, 상황에 따라 병소와 수복물이 겹쳐있거나 변연의 모양이 복잡한 경우에는 정확한 분석을 하기는 어려울 것으로 생각된다. 하지만 이러한 오차는 건전법랑질과 유사한 형광을 나타내는 수복물을 사용하면 줄어든 것으로 생각된다. 또한 표면에서 관찰된  $\Delta F$ 값은 횡단면에서 보이는  $\Delta F$ 값에 비해 유의하게 크게 나타났는데 이는 이차우식증의 발생과정과 연관이 있는 것으로 생각된다. 이차우식증은 와동 내벽을 따라서 발생하기 때문에 표면에 건전한 법랑질이 덮여있거나, 와동 내벽을 따라 길게 쌓여있는 듯한 형상을 나타내기 때문에 치아표면에서 관찰하면 마치 치아우식증을 측면에서 관찰하는 형태가 되어 상대적으로 그 심도가 적게 보이게 되는 것이다<sup>15,16)</sup>. 하지만 QLF-D를 이용한 분석에서도 이러한 이유로 표면에서 측정된  $\Delta F$ 값은 실제 이차우식병소의  $\Delta F$ 값에 비해 높게 나타날 수밖에 없는 것으로 생각된다.

치과계의 패러다임이 이동함에 따라 수복보다는 예방으로 관점이 움직이고 있다. 이러한 관점에서 정확한 이차우식증의 정확한 탐지는 재수복의 위험성을 줄여주고, 이차우식증의 예방과 초기치료 분야로 연구를 확대시킬 수 있을 것으로 생각된다. 이번 연구에서는 몇몇 제한점이 있었지만

QLF-D를 이용하여 치아의 표면에서 초기 이차우식증을 탐지하는 것이 가능했다. 따라서 QLF-D를 이용하여 초기 이차우식증을 유용하게 탐지할 수 있을 것으로 기대된다. 다만, 수복물에 의한 간섭이 발생하기 때문에 이에 대한 고려가 필요하며, 건전 법랑질과 유사한 형광을 나타내는 수복물을 사용하거나 병소와 수복물의 경계를 명확히 구분하여 분석하면 그 정확도를 더 높여줄 것으로 기대된다.

하지만 이번 연구에서는 한 가지 수복재료만을 이용하여 평가하였기 때문에 추후 연구에서는 다양한 수복재료에 발생한 이차우식병소에 대한 평가가 이루어져야 할 것이며, 수복물과 병소의 경계를 명확하게 분석할 수 있는 방법에 대한 추가적인 연구가 이루어져야 할 것이다.

## 요 약

본 연구는 QLF-D를 이용하여 와동 내벽에 형성된 초기 이차우식증을 탐지가 가능한지 평가해보고, 표면에서 관찰한 우식병소와 실제 와동 내벽에 발생한 병소 간에 차이가 있는지 확인해보고자 시행하였으며, 다음과 같은 결과를 얻었다. 시간의 흐름에 따라 시편의 표면에서 관찰되는 이차우식병소가 점점 진행되었다. 수복물 변연의 우식병소 부분이 수복물에 가려지거나 형광에 의해 우식부분을 육안으로 판단하기에 어려운 부분들이 보였으며, 수복물이 있는 경우의  $\Delta F$ 값은  $-14.20 \pm 3.24$ , 와동만 있는 경우의  $\Delta F$ 값은  $-11.56 \pm 3.94$ 로 수복물이 있는 경우의  $\Delta F$ 값이 유의하게 높게 나타났다( $p < 0.001$ ). 또한 수복한 표면에서 측정된 병소의  $\Delta F$ 값은  $-14.20 \pm 3.24$ , 횡단면에서 측정된 병소의  $\Delta F$ 값은  $-18.64 \pm 3.75$ 로 횡단면보다 표면에서 측정된 병소의  $\Delta F$ 값이 약 1.31배 가량 유의하게 크게 나타났으며, correlation은 0.026으로 낮게 나타났다( $p < 0.001$ ). 하지만 수복하지 않은 표면과 횡단면의  $\Delta F$ 값 간의 correlation값은 0.613으로 높게 나타났다. 이를 통해 QLF-D를 이용하여 표면에서도 이차우식병소의 탐지가 가능하다는 것을 알 수 있었다. 다만, 수복물에 의한 간섭이 있을 수 있고, 병소의 특성상 실제 병소의 심도보다 적게 측정될 수 있으므로 이에 대한 고려를 통한 탐지가 이루어져야 할 것이다.

## References

1. Fontana M, González-Cabezas C: Secondary caries and restoration replacement: an unresolved problem. *Compend Compan Educ Dent* 21: 15-18, 21-24, 26 passim; quiz 30, 2000.
2. Kidd EA, Toffenetti F, Mjör IA: Secondary caries. *Int Dent J* 42: 127-138, 1992.
3. Kidd EA, Joyston-Bechal S, Beighton D: Marginal ditching and staining as a predictor of secondary caries around amalgam restorations: a clinical and microbiological study. *J Dent Res* 74: 1206-1211, 1995.
4. Boston DW: Initial in vitro evaluation of DIAGNOdent for detecting secondary carious lesions associated with resin composite restorations. *Quintessence Int* 34: 109-116, 2003.
5. González-Cabezas C, Fontana M, Gomes-Moosbauer D, Stookey GK: Early detection of secondary caries using quantitative, light-induced fluorescence. *Oper Dent* 28: 415-422, 2003.
6. Kim M, Lee SY, Cho YS: Validity and reliability of the plaque score using graycam. *J Dent Hyg Sci* 15: 377-382, 2015.
7. Oh HY, Jung HI, Ku HM, Kim BI: The effects of the Q-Ray view on reliability of assessing a tooth status for dental hygiene process. *J Dent Hyg Sci* 14: 461-467, 2014.
8. Hwang HR, Cho YS, Kim BI: Assessment of clinical applicability of a new plaque scoring system using quantitative light-induced fluorescence-digital. *J Dent Hyg Sci* 14: 150-157, 2014.
9. Kim HE: Quantitative light-induced fluorescence: a potential tool for dental hygiene process. *J Dent Hyg Sci* 13: 115-124, 2013.
10. Lenzi TL, Piovesan C, Mendes FM, Braga MM, Raggio DP: In vitro performance of QLF system and conventional methods for detection of occlusal caries around tooth-colored restorations in primary molars. *Int J Paediatr Dent* 26: 26-34, 2016.
11. Pretty IA, Smith PW, Edgar WM, Higham SM: Detection of in vitro demineralization adjacent to restorations using quantitative light induced fluorescence (QLF). *Dent Mater* 19: 368-374, 2003.
12. Ku HM, Kim BR, Kang SM, Chung JH, Kwon HK, Kim BI: Detection of early changes in caries lesion using QLF-D and OCT. *J Korean Acad Oral Health* 38: 10-16, 2014.
13. Elderton RJ: Clinical studies concerning re-restoration of teeth. *Adv Dent Res* 4: 4-9, 1990.
14. Kim BR, Kang SM, Kim GM, Kim BI: Differences in the intensity of light-induced fluorescence emitted by resin composites. *Photodiagnosis Photodyn Ther* 13: 114-119, 2016.

15. Buchalla W, Lennon AM, van der Veen MH, Stookey GK: Optimal camera and illumination angulations for detection of interproximal caries using quantitative light-induced fluorescence. *Caries Res* 36: 320-326, 2002.
16. Ko HY, Kang SM, Kim HE, Kwon HK, Kim BI: Validation of quantitative light-induced fluorescence-digital (QLF-D) for the detection of approximal caries in vitro. *J Dent* 43: 568-575, 2015.