한국임상치위생학회지 제6권 2호 (2018. 8) pp. 9~16
Korean Journal of Clinical Dental Hygiene, Vol. 6 Iss. 2 (Aug. 2018)

Quantitative light-induced fluorescence digital을 이용한 치과재료의 형광강도 차이 비교

김영석
경북대학교 치위생학과

Differences in Fluorescence Intensities of Dental Materials Evaluated by Quantitative Light-induced Fluorescence Digital

Young-Seok Kim
Department of Dental Hygiene, College of Science & Technology, Kyungpook University, Sangju, 37224, Korea

ABSTRACT

Objectives: This study aimed to compare the fluorescence intensities of different dental materials using quantitative light-induced fluorescence digital (QLF-D) light source and compare the fluorescence intensity contrast with color contrast between a restoration material and the adjacent tooth region.

Methods: Five dental materials were investigated: glass ionomer cement (GIC), Intermediate Restorative Material (IRM); zinc polycarboxylate cement (PCC); sealant; composite resin. Composites were used to prepare composite discs and fill holes prepared in extracted human teeth. White-light and fluorescence images of all specimens were obtained using QLF-D and converted into 8-bit grayscale images. Fluorescence intensities of the dental materials, and the fluorescence intensity contrast and color contrast between the dental restoration and adjacent tooth region, were calculated as grayscale levels.

Results: Grayscale levels differed significantly more between the restoration and adjacent tooth region in the fluorescence images than in white-light images, except for resin and GIC ($p < 0.05$). Grayscale levels of the dental materials differed significantly ($p < 0.05$): sealant (177.8±2.5); composite resin (203.1±2.2); GIC (196.5±1.7); IRM (162.7±1.5); PCC (119.9±1.9).

Conclusions: The dental materials showed varying fluorescence intensities. Differences between the dental materials and adjacent tooth region were greater for fluorescence intensity contrast than for colors observed in the white-light.

교신저자: 김영석
우편번호 37224 경북 상주시 경상대로 2559 3호관 301호 치위생학과
Tel: (054) 530-1424, Fax: (054) 530-1429, E-mail: young1224@knu.ac.kr
투고일: 2018. 07. 02. 심사일: 2018. 07. 09. 게재확정일: 2018. 08. 11.

Key words: Dental materials, Fluorescence intensity, QLF-D
색 인: 치과재료, QLF-D, 형광강도

I. 서론

심미수복의 발전으로 인하여 치아의 법랑질이나 상아질과 유사한 색상을 지닌 수복재를 이용한 보존치료가 발전하고 있다. 이러한 수복재료의 발전은 환자로 하여금 더욱 자연스러운 치아수복을 통해 만족감을 높일 수 있게 되었다(1). 하지만 이와 더불어 치과의사들은 검진시 심미수복재와 치질의 구분을 위해 조금 더 많은 시간을 보내야하게 만들었다. 수복재 뿐만 아니라 치과에서 사용하고 있는 시멘트인 resin cement, glass ionomer cement, Zinc polycarboxylate cement등도 대부분 치아와 유사한 색을 나타내는 재료가 많다. 이러한 시멘트는 경화 후 구강내에서 적절하게 제거되지 않으면 치은염이나 임플란트 주의염을 유발할 수 있기 때문에 철저한 제거가 필요하지만 젖어있는 구강 내에서 치간이나 치은연하에 있는 시멘트를 완벽하게 찾아내기는 어려운 실정이다(2).

이러한 치과재료들의 발견을 위해서 사용할 수 있는 방법은 대표적으로 시진, 촉진, 방사선사진을 이용한 방법을 들 수 있다. 시진은 빠른 시간안에 탐지가 가능하지만, 검사자의 훈련이 필요하고 치아가 건조된 상태에서 치과재료를 더욱 명확하게 구분할 수 있기 때문에 많은 대상자를 대상으로 시행할 경우에는 치아 건조가 어려워 탐지가 어려워질 수 있다. 촉진은 explorer를 이용하여 수복물을 탐침하는 것으로 시진보다는 시간이 걸리고 역시 검사자의 훈련이 필요하다는 단점이 있다(3). 마지막으로 방사선 사진을 이용하는 방법은 작은 크기의 치과재료는 방사선사진상에서 관찰하기가 어렵고, 방사선 투과성의 재료인 경우 방사선 노출의 위험이라는 위험성을 가지고 있다(4). 따라서 위험성이 없고 빠른 시간 안에 정확하게 수복재료를 탐지할 수 있는 방법은 임상의가 치과 검사에 유용하게 사용할 수 있을 것이다.

선행연구에서 UV 광원을 이용하였을 때 컴포짓트 레진에서 형광이 발현되어 치아와 구분하기에 유용하다는 보고들이 있었다(3,5,6). 선행연구에서는 제조사에 따라 컴포짓트 레진의 형광이 다르게 나타난다고 하였으며, 이러한 차이는 수복재에 들어있는 필러성분의 차이로 인하여 나타난다고 보고되었다. 하지만 UV 광원은 피부에 유해한 광원으로 보호장비 없이 사용하는 것은 바람직하지 못하기 때문에 사용에 제약이 있다(7).

하지만 이러한 치아와 컴포짓트 레진의 형광은 UV 광원이 아닌 가시광선의 광원에서도 나타난다고 보고되었다(4,8). 이 중 Quantitative light-induced fluorescence (QLF)의 광원인 405nm의 가시광선 파장은 인체에 무해하며 치아나 구강 내 세균의 형광을 이용하여 치아우식증이나 치면세균막, 치석등 다양한 치과영역에서 정확하고 빠른 진단을 위한 장비로 각광받고 있다(9,10). 또한 이

광원을 이용한 다양한 제품들이 출시되어 광중합기처럼 간단하게 빛을 비추면서 스캐닝이 가능한 제품부터 촬영 및 분석이 가능한 제품까지 치과진단에 있어 많은 도움을 주고 있다. 선행연구에 따르면 Quantitative light-induced fluorescence digital (QLF-D)를 이용하여 다양한 제조사의 컴포짓트 레진을 확인한 결과, 제조사별로 다양한 형광이 나타났으며, 육안으로 보는 것보다 QLF-D 촬영 이미지에서 수복물과 치아의 구분이 훨씬 명확하게 나타났다고 보고하였다(8).

이번 연구에서는 컴포짓트 레진뿐만 아니라 치질과 유사한 색을 나타내는 다양한 치과재료의 형광강도를 비교하고, 재료와 인접치면간의 색차를 비교해보고자 한다.

2. 연구방법 및 연구 재료

2.1. 시편제작

우식이나 크랙이 없는 우치의 전치부를 저속 핸드피스와 diamond disc (Superflex 358; NTIKahla GmbH, Kahla, Germany)를 이용하여 35mm 크기로 절단하였다. 절단된 5개의 시편은 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., Daejon, Korea)를 이용하여 단계적으로 연마하였다. 이후 시편의 중앙에 치과재료의 수복을 위하여 라운드 버를 이용하여 지름 1.5mm, 깊이 2mm의 와동을 형성하였다.

2.2. 와동 수복

연구에 사용한 치과재료는 총 5가지로 다음과 같다; 1) Glass ionomer cement(GIC, Fuji II LC, GC; Tokyo, Japan), 2) Intermediate Restorative Material (IRM, IRM® type Ⅲ; Dentsply, Konstanz, Germany), 3) Zinc polycarboxylate cement (PCC, HY-Bond Polycarboxylate Cement, Shofu, Japan), 4) Sealant (Helioseal®; Ivoclar Vivadent, AG Schaan, Liechtenstein), Composite resin (CharmFil® plus A2; Dentkist, Inc., Seoul, Korea).

각 재료들은 제조사의 지시에 따라 5개씩 총 25개를 수복하였으며, 컴포짓트 레진과 실란트는 산부식을 시행한 뒤 수복하였으며, GIC와 레진, 실란트는 광중합, PCC와 IRM은 자가중합방식으로 경화하였다.

2.3. QLF-D를 이용한 형광강도 분석

2.3.1. 시편 촬영

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 고정하

였고, 시편과의 거리를 8cm로 고정하여 촬영 시마다 같은 환경에서 촬영할 수 있도록 조정하였다. 촬영은 한 시편당 백색광을 이용한 일반이미지와 청색광을 이용한 형광이미지 2장을 촬영하였다.

2.3.2. 수복물과 인접치질간의 색차 비교

수복물과 인접치질간의 색상의 차이가 일반이미지와 형광이미지에서 각각 어떻게 나타나는지 분석하기 위하여 선행연구의 분석방법을 이용하였다. 각각의 이미지를 8-bit grayscale 이미지로 변환한 뒤, 이미지 분석프로그램 (Image J, NIH, Bethesda, ML)을 이용하여 수복물의 임의의 4지점의 그레이스케일 값과 인접치질의 임의의 4지점의 그레이스케일 값을 각각 계산하였다. 그레이스케일 값은 0(검은색)에서 255(흰색)까지의 값으로 표현되었다. 일반 이미지에서 수복물과 인접치질의 색상차이와 형광이미지에서의 수복물과 인접치질의 색상차이를 각각 계산한 뒤 이 값을 비교분석하였다.

2.3.3. 수복물간의 형광강도 차이 비교

수복물에 따른 형광강도를 비교하기 위하여 8-bit grayscale로 변환된 각 시편의 형광이미지에서 수복물 부위의 각 픽셀의 그레이스케일 값을 구한 뒤, 비교분석하였다.

2.4. 통계분석

이번 연구에서는 n수가 적음에도 모수분석을 이용하였다. 이는 한 시편당 수백개의 픽셀값에 대해 분석하는 것이므로 모수분석을 하는 것이 적절하며, 이는 선행연구에서도 동일하게 수행되었다(8).

측정된 수복물들 간의 그레이스케일 레벨 차이는 0.05의 통계적 유의확률과 통계분석 프로그램 (SPSSStatistics version 20, IBM, Armonk, NY, USA)을 이용하여 one-way ANOVA와 tukey를 이용하여 분석하였으며, 백색광에서 보이는 치질과 수복물간의 그레이스케일 차이와 형광에서 보이는 그레이스케일 차이는 Paired T-test로 분석하였다.

3. 연구결과

3.1. 수복물과 인접치질간의 색차 비교

육안으로 봤을 때 모든 수복물은 일반이미지보다 형광이미지에서 치질과 명확하게 다른 색을 나타내는 것으로 보였다(Figure 1). 그레이스케일값을 이용한 분석에서도 일반이미지에서 대부분 치질과 수복물의 색상이 비슷하게 나타났으며, 그 중 IRM의 색상차이가 0.83.5로 거의 치질과 수복물간의 색상이 동일하게 나타났고, 실란트가 10.16.0으로 치질과의 색상차이가 가장 크게 나타났다. 이러한 색상차이는 형광이미지에서는 더욱 두드러지게 나타나 PCC의 경우 치질과 수복물의 색상차이가 95.8로 매우 두드러지게 나타났다. 특히 이러한 색상 차이는 실란트, IRM, PCC에서 일반이미지보다 형광이미지에서 수복물의 색차가 유의하게 크게 나타났다(Table 1, $p<0.05$).

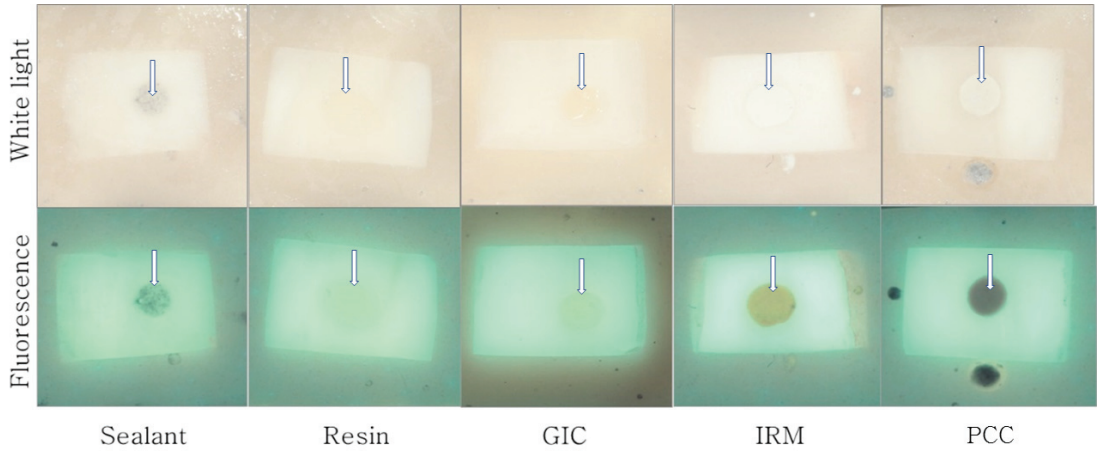


Figure 1. White-light images and fluorescence-images of restorative materials (white arrows indicate dental materials)

Table 1. Differences in grayscale levels between each restoration and the adjacent region of the specimens obtained from the fluorescence images and the differences in colors obtained from the white-light images

Restorative materials	Difference in grayscale levels between restorative materials and adjacent region		p-value*
	In white-light images	In fluorescence images	
Sealant	10.1±6.0	35.6±9.2	0.012*
Resin	2.1±2.3	12.9±6.9	0.131
GIC	5.7±6.2	15.8±13.5	0.309
IRM	−0.8±3.5	58.2±18.9	0.025*
PCC	2.3±2.8	95.8±5.8	0.001*

3.2. 수복물간의 형광강도 차이 비교

수복물의 형광강도는 재료에 따라 다양하게 나타났다(Figure 2). 실란트는 177.82.5, 레진은 203.12.2, GIC는 196.51.7, IRM은 162.71.5, PCC가 119.91.9로 나타났다. 특히, PCC의 그레이스케일값은 다른 군에 비해 유의하게 낮아 가장 어두운 형광을 나타내는 것으로 나타났다($p<0.05$).

4. 고안

치아우식증이나 치석을 탐지하는 일에 수복물을 탐지하는 일은 중요하지 않게 보일지도 모른다. 하지만 사망자의 신원을 밝히는 법의학적 관점에 있어서는 치아의 수복물 탐지가 매우 중요한 과정 중 하나이다(4). 하지만 치과재료의 발전으로 인하여 치아와 유사한 심미수복이 발전하고 이러한 수복물의 탐지가 쉽지 않게 되었다. 이러한 수복물의 탐

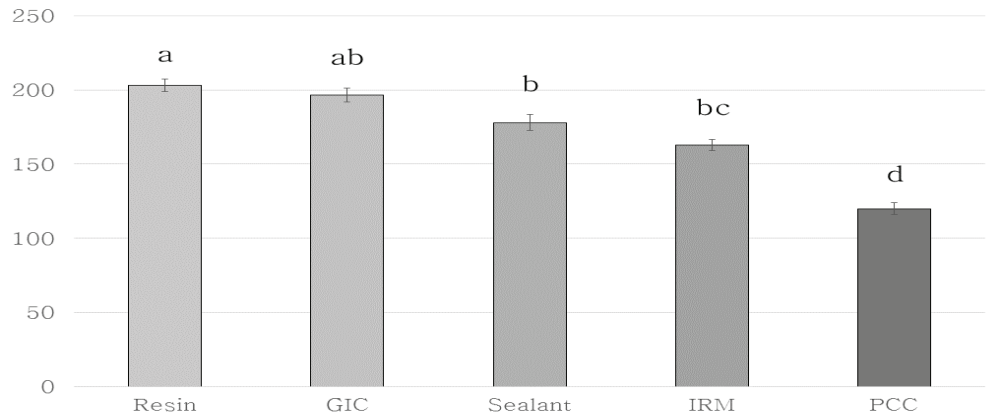


Figure 2. Mean grayscale levels detected on fluorescence images of restorative materials. Different letters above the standard deviation bars indicate significant differences in the mean grayscale levels ($p < 0.05$)

지를 위해 다양한 방법이 보고되고 있는데 그 중 하나가 대체광원을 이용한 방법이다. 이번연구에서는 대체광원 중 치아우식증이나 치석 탐지에 많이 사용되고 있는 QLF-D의 광원을 이용하여 치과재료의 형광강도와 치아의 형광강도와의 차이를 확인하고자 하였다.

컴포짓트 레진의 형광을 연구한 선행연구들에 의하면 컴포짓트 레진의 경우 제조사에 따라 법랑질보다 어두운 형광을 나타내는 것부터 밝은 형광을 나타내는 것까지 다양하게 형광을 방출한다고 보고하였다(8). 이번 연구에서도 수복물의 형광은 재료마다 그 강도가 다양하게 나타났으며, 모두 치질의 형광에 비해 어두운 형광을 나타내는 것으로 나타났다. 특히 이번연구에 사용된 컴포짓트 레진과 실란트의 경우 치질의 형광보다 어두운 형광을 나타내는 것으로 나타났으며, 기존에 보고되지 않았던 시멘트계열의 PCC, GIC, IRM에서도 어두운 형광을 방출하는 것으로 나타났다.

선행연구에 의하면 컴포짓트 레진의 형광은 첨가된 필러가 발현하는 형광에 의해 발생되며 이러한 구성 요소의 유형과 함량 및 비율은 제조업체마다 다를 수 있기 때문에, 다양한 종류의 형광이 방출되어 형광의 강도가 달라질 수 있다고 보고하였다(6). 흥미로운 것은 이번연구에서 컴포짓트 레진이 아닌 GIC, PCC, IRM에서도 형광이 나타났다는 점이다. GIC나 IRM에는 구성성분에 물리적 저항을 증가시키고 중합수축을 줄이고, 기계적 특성을 향상시키기 위해서 Colloidal Silicon Dioxide같은 필러를 첨가하고 있다(11,12). 이러한 필러는 컴포짓트 레진에서도 같은 목적으로 첨가되는 것으로 이러한 성분에 의해 형광이 나타나는 것으로 보인다. 반면, PCC의 경우 이러한 필러가 사용되지 않는데, 아마 이 때문에 QLF-D의 광원 하에서 나타나는 것이 어두운 형광이라기보다는 형광자체가 거의 없이 단순히 어둡게 보이는 것이라고 사료된다.

또한 선행연구에서는 이러한 형광의 강도는 같

은 수복물이라도 광원의 종류에 따라서도 다르게 나타날 수 있다고 보고하였다(5,13,14). 이번 연구에서 사용한 재료들은 모두 한 제조사의 제품을 임의로 선택하여 실험한 것이므로 다른 제조사의 재료들은 다른 형광을 나타낼 것으로 사료된다. 따라서 형광강도의 값을 가지고 어떤 제품인지 확인하기는 어려울 것이지만, 대부분 치아와 다른 형광강도를 나타내기 때문에 인접치질과 수복물을 구분하는 데에는 도움을 줄 것으로 보인다.

이번연구의 한계점은 각 재료의 다양한 제조사 중 하나만을 임의로 선정하여 측정하였다는 점이다. 제조사에 따라 재료의 구성성분의 비율이 달라 형광강도가 다르게 나타날 것이기 때문에, 이에 대한 추가 연구가 필요하다. 또한 실제 임상에서 405 nm의 광원 하에서 검진 또는 시멘트 제거과정 시 일반광에서 시행하는 것보다 얼마나 더 빠르고 정확하게 치과재료를 탐지할 수 있는지 추가연구가 필요하다.

5. 결론

본 연구는 컴포짓트 레진뿐만 아니라 치질과 유사한 색을 나타내는 다양한 치과재료의 형광강도를 비교하고 수복물과 인접치면간의 색차를 비교해보고자 하였다. QLF-D를 이용한 형광이미지 촬영과 색상분석프로그램을 이용하여 다음과 같은 결과를 얻었다.

1. 일반광에서보다 형광 이미지에서 수복물과 인접치질의 구분이 명확하게 되었다. 형광이미지에서 인접치질과 수복물간의 형광강도 차이는 PCC, IRM, GIC, 실란트, 레진 순으로 나타났다.

2. 치과재료에 따라 형광강도가 다르게 나타났으며, 레진, GIC, 실란트, IRM, PCC 순으로 그레이스케일값이 크게 나타났다.

참고문헌

1. Turgut MD, Attar N, Onen A: Radiopacity of direct esthetic restorative materials. Oper Dent 2003;28: 508-14.
2. Wilson TG, Jr.: The positive relationship between excess cement and peri-implant disease: a prospective clinical endoscopic study. J Periodontol 2009;80: 1388-92.
3. Wilson MA, Cowan AJ, Randall RC, Crisp RJ, Wilson NH: A practice-based, randomized, controlled clinical trial of a new resin composite restorative: one-year results. Oper Dent 2002;27: 423-9.
4. Carson DO, Orihara Y, Sorbie JL, Pounder DJ: Detection of white restorative dental materials using an alternative light source. Forensic Sci Int 1997;88: 163-8.
5. Hermanson AS, Bush MA, Miller RG, Bush PJ: Ultraviolet illumination as an adjunctive aid in dental inspection. J Forensic Sci 2008;53: 408-1.
6. Uo M, Okamoto M, Watari F, Tani K, Morita M, Shintani A: Rare earth oxide-containing fluorescent glass filler for composite resin. Dent Mater J 2005;24: 49-52.

7. Bush MA, Hermanson AS, Yetto RJ, Wieczkowski G, Jr.: The use of ultraviolet LED illumination for composite resin removal: an in vitro study. Gen Dent 2010;58: e214-8.
8. Kim BR, Kang SM, Kim GM, Kim BI: Differences in the intensity of light-induced fluorescence emitted by resin composites. Photodiagnosis Photodyn Ther 2016;13: 114-9.
9. Kim HE, Kim BI: An in vitro comparison of quantitative light-induced fluorescence-digital and spectrophotometer on monitoring artificial white spot lesions. Photodiagnosis Photodyn Ther 2015;12: 378-84.
10. Kim YS, Lee ES, Kwon HK, Kim BI: Monitoring the maturation process of a dental microcosm biofilm using the Quantitative Light-induced Fluorescence-Digital (QLF-D). J Dent 2014;42: 691-6.
11. Tay FR, Sano H, Tagami J, et al.: Ultrastructural study of a glass ionomer-based, all-in-one adhesive. J Dent 2001;29: 489-98.
12. Leirskar J, Nordbo H: The effect of zinc oxide-eugenol on the shear bond strength of a commonly used bonding system. Endod Dent Traumatol 2000;16: 265-8.
13. Meller C, Klein C: Fluorescence properties of commercial composite resin restorative materials in dentistry. Dent Mater J 2012;31: 916-23.
14. Tani K, Watari F, Uo M, Morita M: Discrimination between composite resin and teeth using fluorescence properties. Dent Mater J 2003;22: 569-80.