

4

법랑질 병소 회복을 평가를 위한 QLF 기술의 적용

¹연세대학교 치과대학 예방치과학교실, ²BK21 플러스 통합구강생명과학 사업단,

³Department of Health Services Research, University of Liverpool, Liverpool, United Kingdom, ⁴Inspektor Research Systems BV, Amsterdam, The Netherlands

김 경 민^{1, 2}, 구 혜 민^{1, 2}, 이 은 송^{1, 2}, 강 시 목^{1, 2}, Elbert de Josselin de Jong^{1, 2, 3, 4}, 권 호 근^{1, 2}, 김 백 일^{1, 2}

ABSTRACT

Application of the QLF technology to monitor recovery rates of enamel caries lesions with human saliva

¹Department of Preventive dentistry & Public Oral Health, BK 21 PLUS Project, Yonsei University College of Dentistry,

²Department of Health Services Research, University of Liverpool, Liverpool, United Kingdom

³Inspektor Research Systems BV, Amsterdam, The Netherlands

Gyung-Min Kim¹, Hye-Min Ku¹, Eun-Song Lee¹, Si-Mook Kang¹,

Elbert de Josselin de Jong^{1, 2, 3}, Ho-Keun Kwon¹, Baek-II Kim¹

Purpose: The aim of this in vitro study was to assess changes in remineralization by stimulated human saliva over a short period of 48 hours with quantitative light-induced fluorescence (QLF) technology.

Materials and Methods: Bovine incisor surfaces were demineralized for 10 days. Two types of stimulated saliva were collected from 7 healthy persons. 24 hours after tooth brushing (Stimulated saliva group) and immediately after tooth brushing with 1,000 ppm NaF dentifrice (Dentifrice saliva group). The specimens were immersed in saliva and fluorescence images were obtained by QLF-digital (QLF-D biluminator™) at 2, 4, 6, 12, 24, and 48 hours fluorescence loss ($\Delta F\%$) of the lesions. A paired t-test was performed to assess fluorescence differences between before ($\Delta F_{\text{baseline}}$) and after ($\Delta F_{\text{treatment time}}$) the remineralization process.

Results: Before the remineralization, the mean $\Delta F_{\text{baseline}}$ of the initial demineralized specimens was -18.42 ± 0.15 (%). In both groups, the ΔF values obtained at baseline and after 2 hours were statistically significant ($P < 0.001$), indicating recovery of the lesions by approximately 40% after 2 hours. After 48 hours, remineralization rates were slightly higher (49%) for the stimulated saliva group than for the dentifrice saliva group (41%), but the difference was not statistically significant.

Conclusions: With QLF minute degrees of remineralization by saliva can be measured in periods as short as 2 hours. Additionally no significantly higher effects of remineralization were observed in the dentifrice saliva group when compared to the stimulated saliva group.

Key words : Remineralization, QLF, Incipient caries lesion

Corresponding Author

Baek-II Kim

Department of Preventive Dentistry and Public Oral Health, Yonsei University College of Dentistry, 50, Yonsei-ro, Seodaemun-gu, Seoul 03722, Korea

Tel : +82-2-2228-3070, Fax : +82-2-392-2926, E-mail : drkbi@yuhs.ac

이 논문은 2016년도 정부(미래창조과학부)의 재원으로 한국과학기술단체총연합회의 지원을 받아 수행된 해외고급과학자초빙(Brain Pool)사업의 연구임

I. 서론

치아우식증은 다요인성 질병으로 병적인 요인과 보호 요인의 불균형의 결과로 발생한다. 병적인 요인으로 분류되는 우식성 세균, 발효 탄수화물의 작용, 타액분비 이상은 치아의 탈회와 재광화 현상에 중요한 역할을 한다¹⁾. 또한, 타액에 포함된 단백질은 치아 표면을 감싸는 피막을 형성하여 산이 직접 치아에 영향을 주지 않도록 하고, 탈회를 억제한 후 타액에 풍부하게 녹아 있는 칼슘과 인이 치아를 구성하는 수산화인회석을 형성하여 초기에 탈회된 법랑질을 재광화 시킨다^{2~4)}.

많은 선행연구들에서는 타액으로 인한 탈회와 재광화 과정을 비침습적인 장비로 관찰하고자하는 노력이 있었다.^{5~10)} 기존에 병소의 광물질 함량 변화를 관찰하기 위해 널리 활용되었던 횡단미세방사선(Transverse microradiography), 표면미세경도(Surface microhardness), 편광전자현미경(Polarized light microscope) 등은 치아에 비가역적인 손상을 가해 적합한 형태의 시편을 제작하여 평가해야 하므로 실제 사람의 치아를 대상으로 하기에 한계가 있다. 이를 보완하여 실제 임상 현장에서 비침습적인 평가가 가능한 광학 기술 기반의 장비들이 개발되어 현재 사용 중에 있다. 대표적으로 Quantitative Light-induced Fluorescence (QLF)는 푸른색 가시광선 영역의 빛을 이용하여 치아의 자가 형광(autofluorescence) 반응의 차이를 통해 초기우식병소를 비침습적으로 탐지하고 정량적으로 분석할 수 있는 기술로서 해당 기술을 이용한 다양한 형태의 장비들이 실험실 뿐만 아니라 임상현장에서도 널리 활용되고 있다¹¹⁾. QLF는 치아의 파괴 없이도 광물질의 미세 변화를 탐지하고 모니터링하는 것이 가능하기 때문에 임상가가 초기우식병소 유무 및 변화

를 탐지하는데 유용하다⁷⁾. 또한 선행연구에 따르면, 이러한 QLF는 기존에 병소의 광물질 함량을 정량화하는데 gold standard로 알려진 TMR과 중등도 수준의 유의한 상관성($r=0.63$)이 있음을 확인함으로써 병소의 광물질 함량을 비침습적으로 정량화하는 기술로서 타당성이 입증되었다⁸⁾.

이러한 QLF는 우식병소 유무 탐지뿐만 아니라, 병소의 재광화 과정을 모니터링 하는데도 적용할 수 있다. 선행연구에 따르면 QLF를 사용하여 4주간 장기간의 재광화 과정 동안 법랑질 내 광물질 함량 변화과정을 지속적으로 추적 관찰할 수 있음을 보고하였다¹²⁾. 또한 Al-khateeb(1998)¹³⁾는 QLF를 이용하여 교정치료중인 어린이들의 초기우식병소의 변화를 1년간 관찰함으로써 실제 임상 현장에서 치아의 광물질 변화를 정량적으로 평가하고 지속적으로 관찰하는데 유용한 장비임을 입증하였다.

한편, Meller 등⁵⁾은 실제 어린이 환자를 대상으로 구치부에 인공우식병소를 형성한 뒤 24시간 후 병소의 변화를 QLF로 관찰한 결과, 하루 만에 6%정도 형광이 회복되어 재광화 되는 현상을 관찰하였다. 이는 사람을 대상으로 하여 타액으로 인한 재광화 효과를 불과 24시간만에 관찰함으로써 QLF 기술이 초기우식병소의 미세한 변화를 평가하기에 적합한 기술임을 확인할 수 있었다는 점에서 의미가 있었다⁹⁾. 하지만 QLF 기술을 활용하여 24시간 이내의 단기간 동안의 미세한 재광화 효과를 평가한 연구는 부족한 실정이다. 만약 QLF 기술을 활용하여 실험실 상에서 하루 이내의 단시간 동안 재광화 과정을 스크리닝 할 수 있다면, 초기우식병소의 예방적 처치에 사용할 수 있는 다양한 재광화 후보물질의 평가와 임상적 도입에 도움이 될 것이다.

한편, 불소치약이 치아의 재광화에 도움이 된다는

것은 다양한 선행연구들을 통해 과학적으로 입증되어왔다. 이는 불소치약 사용 후 타액 내 불소함량이 상승되면 법랑질 표면에 수산화인회석이 침착되어 치아의 재광화에 도움을 줄 수 있기 때문이다. 그러나 칫솔질 직후 불소 농도가 상승된 타액의 48시간 이내 동안 단기간 재광화 효과를 평가한 선행연구는 부족한 실정이다.

따라서 본 연구의 목적은 첫째, 인공초기우식병소에 사람의 타액을 이용하여 2시간에서 48시간까지 짧은 시간 동안 처치한 후, 병소가 미세하게 재광화되는 과정을 QLF 기술로 탐지할 수 있는지 평가하고자 하였다. 둘째, 타액 수집 전 불소치약 사용 유무에 따른 타액 종류(일반 타액군, 불소 처치 타액군)를 달리하여 시간에 따른 각 타액군의 재광화 정도를 비교해 보고자 하였다.

II. 재료 및 방법

1. 연구대상자 선정기준

본 연구는 연세대학교 치과대학병원 임상시험윤리위원회(IRB)로부터 승인(IRB No. 2-2015-0053)을 받고 진행되었다. 본 연구에 참여한 대상자는 총 7명(남자 3명, 여자 4명, 평균나이 27.7 ± 3.6 세)으로 구성되었다. 대상자 선정 기준은 만 19세 이상의 성인으로 고혈압이나 당뇨와 같은 전신질환이 없으며 최근 3개월 이내 타액 분비에 이상을 주는 약물을 복용하지 않는 자, 타액 분비에 이상이 없는 자, 30일 이내 불소 재제를 처치 받지 않은 자, 자극성 타액 분비율 검사 결과가 0.3 ml/min 이상인 자, 자극성 타액 완충능 검사 결과가 중등도 이상인 자, 자극성 타액 점조도 검사 결과가 2.0 미만인 자, DMF rate가 16% 미만인 자, 캐리뷰 검사 결과 우식활성도가 저위험군인 자, 구강위생관리를 24시간 동안 행하지 않

은 자였다. 제외 기준은 임신한 여성, 현재 우식활성도가 중등도 이상인 자, 부분 또는 전체 틀니를 장착하고 있는 자, 치주질환이 있는 자, 최근 3개월 이내 전신질환 약물을 복용한 자, 조절되지 않는 심한 전신질환을 가지고 있거나 면역력이 저하된 자(에이즈, 조절되지 않는 당뇨병, 높은 선량의 방사선 조사, 심장질환, 지혈/혈액질환), 구강 내 출혈을 동반한 상처가 있는 자, 구강 내 교정장치가 있는 자였다. 선정된 대상자들은 연구 목적 및 방법에 대한 설명을 들은 뒤 자발적으로 참여에 동의하고 동의서에 서명을 한 사람을 선정하였다.

2. 인공초기우식병소 형성

건전한 우전치 법랑질 순면을 $6 \times 4 \times 3 \text{ mm}$ 크기로 다이아몬드 디스크가 장착된 저속 핸드피스를 이용하여 절단하였다. 30개의 절단된 우치를 법랑질 표면이 노출되도록 $20 \times 11 \times 7 \text{ mm}$ 크기의 아크릴 몰드에 레진으로 매몰한 후 P800, P1500, P2400의 연마지(SiC Sand Paper, R&B Inc., Daejeon, South Korea)를 이용하여 단계적으로 편평하게 연마하였다. 연마된 법랑질 시편 표면의 $3 \times 4 \text{ mm}$ 면적에 내산성의 바니시(TRENDY NAILS, THEFACE SHOP., Korea)를 도포하여 정상 법랑질을 보호하였고, 나머지 $3 \times 4 \text{ mm}$ 는 탈회용액에 노출하여 인공우식병소가 형성되도록 하였다. 인공우식병소 형성을 위해 1M lactic acid에 Carbopol 2050 (Carbopol® ETD 2050 polymer; Noveon, Ohio, USA)이 1% 포함된 pH 4.8의 탈회용액을 제조한 후, 각 시편 1개당 40ml의 탈회용액에 개별로 침적시켜 37°C 에서 10일 동안 탈회시켰다.

3. 타액 수집 및 전처리

본 연구에 포함된 대상자들은 타액을 수집하기 전

24시간 이내에 칫솔질을 수행하지 않았고, 타액 수집 직전인 3시간 동안은 금식한 후 타액을 수집하였다. 모든 대상자들은 무향, 무미의 타액 채취용 파라핀 왁스를 씹은 후 첫 1분 동안 수집된 타액은 뱉어 내게 하고, 그 이후에 수집된 자극성 타액을 연구에 사용하였다(일반타액군). 자극성 타액을 뱉은 직후 1,000 ppm NaF 불소치약을 사용하여 칫솔질을 한 뒤 가볍게 두 번 입안을 헹군 후 자극성 타액을 수집하였다(불소 처치 타액군). 각 대상자들로부터 수집된 두 군의 타액들은 각 군별로 모든 대상자 7인의 타액을 혼합하여 12,000 rpm의 속도로 4°C에서 20분간 원심분리(Avanti J-E; Beckman Coulter, Indianapolis, USA)시켜 불순물을 제거한 후 상등액을 수집하여 재광화 용액으로 사용하였다.

4. QLF-D를 이용한 병소의 형광 소실량 변화 평가

인공초기우식병소를 형성한 후 처치 전 모든 시편에 대해 QLF-D(Biluminator™, Inspektor research systems BV, Amsterdam, Netherlands)를 이용하여 형광 이미지를 촬영하였다. 촬영조건은 형광 이미지 기준 shutter speed 1/20 s, aperture value 7.1, ISO speed 1600으로 고정하여 'Live-view' 방식으로 촬영하였다. 또한 촬영된 시편이미지는 QLF-D 분석프로그램(QA2 v 1.25; Inspektor research systems BV, Netherlands)을 이용하여 인공우식병소의 평균 형광소실량인 $\Delta F(\%)$ 를 산출하였다($\Delta F_{\text{baseline}}$). 이후 초기우식병소가 형성된 치아 시편을 자극성 타액군과 불소 처치 타액군에 각각 침적시켜 37°C 환경에서 처치를 시작한 후 2, 4, 6, 12, 24, 48시간 이후 각 시점에 QLF-D로 사진을 촬영하여 형광 이미지를 획득하였다. 이후 획득한 시편 형광 이미지로부터 각 시점에서 시편의 평균 형광소실량(ΔF_{2h} , ΔF_{4h} , ΔF_{6h} , Δ

F_{12h} , ΔF_{24h} , ΔF_{48h})을 산출하였다. 초기병소로부터 재광화 정도를 비교하기 위해 처치 후 각 시점의 ΔF 값에서 처치 전 ΔF 의 차이를 계산하여 $\Delta\Delta F(\%)$ 를 산출하였다($\Delta\Delta F_{\text{treatment time}} = \Delta F_{\text{treatment time}} - \Delta F_{\text{baseline}}$).

5. 통계분석

재광화 처치 후 시간의 흐름에 따른 형광소실량의 변화를 평가하기 위하여 반복측정분산분석법을 이용하여 분석하였다. 각 평가 시점의 형광소실량을 비교하기 위해 대응표본 t-검정을 시행하였고, 독립표본 t-검정을 수행하여 각 타액군의 재광화 정도를 비교하였다. 모든 통계분석은 SPSS 통계 패키지 프로그램(IBM® SPSS® Statistics 20.0, IBM Corp., Armonk, NY, USA)을 이용하여 유의수준 0.05에서 수행하였다.

III. 결과

재광화 처치 전, 10일간 탈회 시킨 우전치 시편들의 평균 형광소실량인 $\Delta F(\%)$ 는 -18.42 ± 0.15 이었으며 평균 병소 깊이는 $163.52 \pm 6.17 \mu\text{m}$ 이었다. 타액 침적 2시간 이후부터 광물질 변화를 QLF-D로 관찰한 결과, 형광이미지 상에서 명확한 형광 변화를 관찰할 수 있었다(Fig. 1). 각 시간대 별로 촬영한 형광이미지로부터 산출된 $\Delta F(\%)$ 는 일반타액군과 불소 처치 후 타액군 모두에서 시간에 따라 유의한 변화가 있었다($P < 0.001$, Table 1). 각 처치 시점과 이전 시점의 ΔF 값을 비교한 결과, 일반타액군과 불소 처치 후 타액군에서 모두 처치 2시간 후 ΔF 값의 변화가 가장 컸으며 이는 통계적으로 유의한 차이를 보였다($P < 0.001$). 2시간 시점 이후 두 군 모두에서 시간의 흐름에 따른 ΔF 값 변화는 약 1-2% 증가에 그쳤고 이는 통계적으로 유의미한 차이를 나타내지 않았다. 두 군

의 재광화율을 비교해 보면 최종 평가 시간인 48시간 시점까지 일반타액군은 약 49.4%($\Delta F= 9.06$), 불소 처치 후 타액군은 약 41.6%($\Delta F= 7.69$)로 일반

타액군에서 다소 높았으나 통계적으로 유의미한 차이는 없었다($P > 0.05$, Fig. 2). 가장 높은 회복율을 보인 2시간 시점에는 일반타액군이 39.2%($\Delta F=$

Table 1. Changes in ΔF values of the stimulated and dentifrice saliva groups measured by QLF-D during 48 hours

	Baseline	2 hrs	4 hrs	6 hrs	12 hrs	24 hrs	48 hrs	P-value*
Stimulated Saliva	-18.35 ± 0.18	-11.13 ± 1.50	-11.10 ± 1.69	-10.26 ± 0.73	-10.60 ± 0.65	-9.76 ± 1.45	-9.29 ± 0.65	< 0.001
P-value**		< 0.001*	0.388*	< 0.001*	0.545*	0.199*	0.966	
Dentifrice Saliva	-18.49 ± 0.10	-10.88 ± 1.22	-10.49 ± 0.55	-9.78 ± 0.57	-9.95 ± 0.78	-10.84 ± 0.96	-10.80 ± 1.82	< 0.001
P-value**		< 0.001	0.964	0.248	0.080	0.166	0.488	

All values are mean $\Delta F(\%) \pm$ standard deviations.

P-values* denote statistically significant differences within rows by repeated measures analysis.

P-values** denote statistically significant differences by paired t-test between ΔF values of each time point.

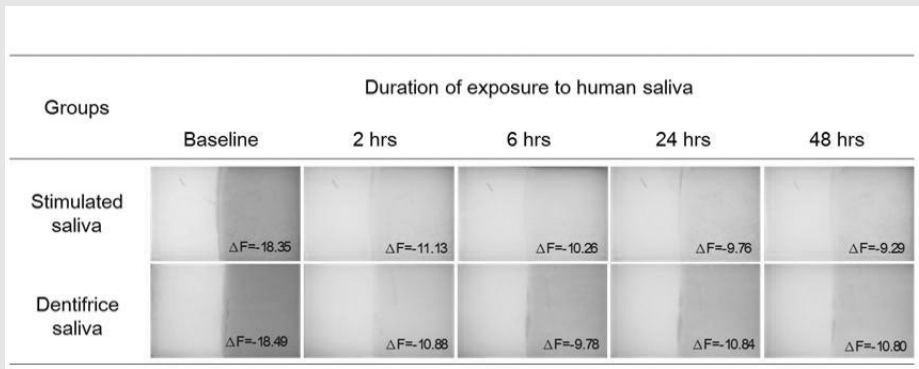


Fig. 1. Fluorescence images of lesions taken by QLF-D according to the treatment time.

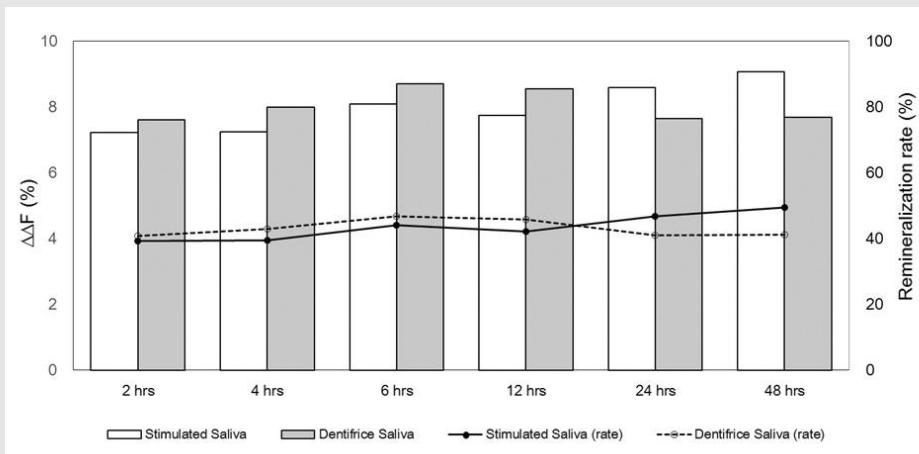


Fig. 2. Changes in ΔF values and remineralization rate of two groups according to the treatment time.

7.22), 불소 처치 후 타액균이 41.2%($\Delta F=7.61$)의 회복율을 나타내어 불소 처치 후 타액균에서 더 높은 회복율을 보였으나 통계적인 유의미한 차이는 없었다.

IV. 고안

본 연구에서는 QLF라는 비침습적인 광학 기술을 이용하여 병소의 미세한 변화를 탐지하는 것이 가능한지 확인함으로써 실제 임상에서 활용 가능한 스크리닝 평가법을 개발하고자 하였다. 이를 위해서 인공적으로 초기우식병소를 형성시킨 치아 시편을 사람의 타액에 2시간부터 48시간까지 단순 침적 시키면서 광물질의 미세한 변화를 QLF로 추적, 관찰할 수 있는지를 평가하였다. 본 연구에서 병소의 변화를 평가한 시간은 이전의 선행연구에서 보다 훨씬 짧은 단시간 내 재광화 효과를 관찰한 연구로서 타액 처치 후 2시간 만에 약 7% 형광 회복을 관찰 할 수 있었다. 이는 QLF가 초 단기간 동안의 미세한 병소 회복 정도를 정량화하는 것이 가능하다는 점에서 의의가 있으며, 이에 다양한 예방 처치의 효과를 진료실 상에서 비침습적으로 평가할 수 있는 스크리닝 방법으로서 활용이 가능하다는 점에서 임상적인 가치를 부여할 수 있다고 볼 수 있다.

본 연구에서는 관찰 시점을 보다 단축시켜 타액 처치 후 24시간, 48시간 시점에서 뿐만 아니라 2시간 후에도 시편의 손상없이 연속적으로 QLF형광 사진을 통해 병소의 명확한 형광 변화를 관찰할 수 있었다 (Fig. 1). 과거 QLF를 이용한 선행연구들에서는 1일부터 30일까지 다양한 기간 동안 초기우식병소의 타액 재광화 처치 효과를 평가하였다.^{1, 5, 6, 8, 12, 14, 15)} 그 중, Meller 등⁵⁾은 소아의 구치 법랑질을 37% 인산으로 4분간 인공 탈회 시킨 뒤 24시간동안 타액으로 재광화 처치한 후 재광화 된 병소의 형광소실량을 QLF를 통하여 관찰한 결과, 약 47.8%의 회복율을 관찰할 수 있었다. 본 실험실 연구 결과에서 24시간 이후의

재광화율과 비교해보았을 때, 일반타액군 46.8%, 불소 처치 타액군은 41.4%로 이는 선행임상연구와 유사한 수준임을 확인할 수 있었다. 이와 같은 결과는 비록 실험실 연구이지만 실제 구강 내에서 타액의 재광화 효과 평가 결과와 유사한 경향성을 확인했다는 점에서 의미가 있다. 또한 흥미로운 결과는, 더욱 짧은 시간인 처치 후 2시간만에 두 타액군 모두에서 Baseline 상태에 비해서 평균적으로 약 40% 이상의 회복율을 보였다는 점이다. Lussi 등¹⁶⁾의 *in vivo* 연구에 따르면, 오렌지 주스 섭취 직후 타액이 치면의 pH를 회복시키기 위해 필요한 시간은 약 2-5분임을 확인하였고, *in situ* erosion model을 이용한 선행 연구에서는 타액 내 단백질 성분이 2시간 이내에 치아 표면에 대해 피막을 형성함으로써 병소를 물리화학적 보호함과 동시에 타액 내 칼슘, 인, 불소와 같은 미네랄 이온을 공급한다고 보고한 바 있다¹⁷⁾. 또한 Eisenburger 등¹⁸⁾은 타액의 구성성분을 동일하게 모사한 인공타액을 2시간 동안 구연산을 이용하여 부식시킨 병소에 처치하였을 때, 약 1-4시간부터 부분적으로 병소의 재광화가 진행되기 시작한다고 보고하였다. 이처럼 타액의 즉각적인 회복 효과를 확인함으로써 본 연구에서 2시간 이내의 회복률 산출 결과가 타당함을 확인하였으며, 타액의 완충 능력 (buffering capacity)과 미네랄 이온의 공급원으로서의 역할을 통해 즉각적으로 병소를 보호하고 회복시킴을 알 수 있었다.

또한, 본 연구에서는 타액에 포함된 불소 성분에 따른 초기우식병소의 회복 양상을 비교하기 위해 일반 자극성 타액으로 재광화 처치한 집단과 불소치약으로 칫솔질을 한 후 수집한 타액으로 처치한 집단으로 분류하여 재광화 효과를 비교 평가하였다. 일반타액군과 불소 처치 타액군에서 모두 처치 후 ΔF 값과 재광화율 모두 회복되는 양상을 보였으나 두 그룹간의 비교 시 통계적인 유의미한 차이는 나타나지 않았다¹⁹⁾. 이러한 결과의 첫 번째 원인으로는 치아표면에 급격히

형성된 불화칼슘(CaF_2) 결정이 타액 처치 과정 동안 병소 표면에 물리적 장벽으로 작용함으로써 48시간이라는 짧은 시간 동안 불소에 의한 재광화 효과 차이를 확인하기에 한계가 있었을 것으로 사료된다. 이온 방출을 위한 산 공격과 같은 과정이 없는 단순 침적 모델이었기 때문에 본 연구에서는 병소 표면에 형성된 불화칼슘의 이온 공급원으로서의 역할을 확인하기에 어려움이 있었을 것으로 생각된다. 본 연구에서 비록 타액 내 불소 함량 분석은 따로 수행하지 않았으나 일반 타액군의 타액도 단지 수집 직전에만 불소치약 사용을 금지하였고, 하루 전까지는 일상적으로 불소치약을 사용하는 대상자였다. 따라서 일반타액군의 타액에도 어느 정도 불소가 함유되어 있어 해당 군에서도 불소로 인한 재광화 작용이 발생했을 가능성이 있으며, 본 연구에서 평가한 기간 동안에는 두 군간 차이를 포착하기 어려웠을 것으로 사료된다²⁰⁻²³.

본 연구 결과를 통해 인공적으로 탈회시킨 병소를 실제 구강 내에서 2시간 후 평가하여 회복율을 QLF 기술로 확인함으로써 환자 고유의 치질과 타액의 완충 능력 및 특성을 평가하는 것이 가능하다는 것을 알게 되었다. 그리하여 환자 개인의 특성을 반영하여 재광화 효과를 예측하고 그에 적합한 예방 처치 방법 및 빈도를 적용하는 개인 맞춤형 예방처치를 제공하는 것이 가능할 것으로 예상된다. 또한 본 연구에서는 24시간 후 재광화 정도를 평가함으로써 우식활성을 예측하는 것이 가능함을 보고했던 Meller⁶⁾의 선행연구보다 훨씬 단축된 2시간이라는 짧은 시간으로 모니터링하고 예측할 수 있다는 점에서 의미가 클 것으로 사료된다.

또한, 다양한 재광화 후보 물질들의 효능을 임상적으로 평가하고 관찰하는 것이 가능하기 때문에 실제 효능에 비해 과대평가될 수 있는 실험실 모델의 한계점을 보완하여 실제 구강 내 환경이 반영된 효능을 확인하는 것이 가능하다. 더불어 미세한 변화를 육안으로 관찰하는 것이 가능하기 때문에 대상자들에게 가시화시키기 어려웠던 예방 처치의 효과를 직접 확인시켜줄 수 있다. 따라서 예방 치료 및 관리를 제공하는 것이 수월해질 수 있다는 측면에서 임상적으로 QLF 기술을 활용하는 것이 유용할 것으로 사료된다.

V. 결론

본 연구는 인공초기우식병소를 사람의 타액을 이용하여 2시간부터 48시간 이내의 짧은 시간 동안 침적시켜 재광화 처치한 후 QLF-D를 사용하여 재광화 정도를 평가한 후 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 인공초기우식병소 치아시편을 사람의 타액에 침적시킨 결과 2시간 만에 약 40% 회복율을 관찰할 수 있었다.
2. 타액 침적 48시간 후에는 일반타액군(49.4%)이 불소 처치 타액군(41.6%)에 비해서 다소 높은 회복율을 보였으나 통계적으로 유의한 차이는 없었다.

본 연구에서 사용한 QLF 기술을 활용한 재광화 평가 모델은 2시간이라는 단시간 내에서도 미세한 재광화 효과의 변화를 추적 관찰할 수 있었다.

참 고 문 헌

- Oliveira GM, Ritter AV, Heymann HO, et al. Remineralization effect of CPP-ACP and fluoride for white spot lesions in vitro. *J Dent* 2014;42(12):1592-1602.
- Hannig M, Balz M. Influence of in vivo formed salivary pellicle on enamel erosion. *Caries Res* 1999;33(5):372-379.
- Brevik S, Lussi A, Rakhmatullina E. A new optical detection method to assess the erosion inhibition by in vitro salivary pellicle layer. *J Dent* 2013;41(5):428-435.
- Ionta FQ, Mendonça FL, de Oliveira GC, et al. In vitro assessment of artificial saliva formulations on initial enamel erosion remineralization. *J Dent* 2014;42(2):175-179.
- Meller C, Heyduck C, Tranaeus S, Splieth C. A new in vivo method for measuring caries activity using quantitative light-induced fluorescence. *Caries Res* 2006;40(2):90-96.
- Meller C, Santamaria R, Connert T, Splieth C. Predicting caries by measuring its activity using quantitative light-induced fluorescence in vivo: a 2-year caries increment analysis. *Caries Res* 2012;46(4):361-367.
- Cochrane NJ, Walker GD, Manton DJ, Reynolds EC. Comparison of quantitative light-induced fluorescence, digital photography and transverse microradiography for quantification of enamel remineralization. *Aust Dent J* 2012;57(3):271-276.
- Restrepo M, Bussaneli DG, Jeremias F, et al. Control of white spot lesion adjacent to orthodontic bracket with use of fluoride varnish or chlorhexidine gel. *The Scientific World Journal* 2015;2015:218452.
- Gmur R, Giertsen E, van der Veen MH, et al. In vitro quantitative light-induced fluorescence to measure changes in enamel mineralization. *Clin Oral Investig* 2006;10(3):187-195.
- Angmar-Mansson B, ten Bosch JJ. Quantitative light-induced fluorescence (QLF): a method for assessment of incipient caries lesions. *Dentomaxillofac Radiol* 2001;30(6):298-307.
- 김백일. QLF 의 원리와 임상적 활용. *대한치과의사협회지* 2011;49(8):443-450.
- Fujikawa H, Matsuyama K, Uchiyama A, et al. Influence of salivary macromolecules and fluoride on enamel lesion remineralization in vitro. *Caries Res* 2008;42(1):37-45.
- al-Khateeb S, ten Cate JM, Angmar-Mansson B, et al. Quantification of formation and remineralization of artificial enamel lesions with a new portable fluorescence device. *Adv Dent Res* 1997;11(4):502-506.
- Kim HE, Kwon HK, Kim B. Recovery percentage of remineralization according to severity of early caries. *Am J Dent* 2013;26(3):132-136.
- Pretty I, Pender N, Edgar W, Higham S. The in vitro detection of early enamel de?and re?mineralization adjacent to bonded orthodontic cleats using quantitative light-induced fluorescence. *Eur J Orthod* 2003;25(3):217-223.
- Lussi A, von Salis-Marincek M, Ganss C, et al. Clinical study monitoring the pH on tooth surfaces in patients with and without erosion. *Caries Res* 2012;46(6):507-512.
- Hara A, Ando M, Gonzalez-Cabezas C, et al. Protective effect of the dental pellicle against erosive challenges in situ. *J Dent Res* 2006;85(7):612-616.
- Eisenburger M, Addy M, Hughes J, Shellis R. Effect of time on the remineralisation of enamel by synthetic saliva after citric acid erosion. *Caries Res* 2001;35(3):211-215.
- Ten Cate J. Remineralization of caries lesions extending into dentin. *J Dent Res* 2001;80(5):1407-1411.
- Vogel G, Mao Y, Chow L, Proskin H. Fluoride in plaque fluid, plaque, and saliva measured for 2 hours after a sodium fluoride monofluorophosphate rinse. *Caries Res* 2000;34(5):404-411.
- Duckworth R, Jones Y, Nicholson J, et al. Studies on plaque fluoride after use of F-containing dentifrices. *Adv Dent Res* 1994;8(2):202-207.

• 참고 문헌 •

22. García-Godoy F, Hicks MJ. Maintaining the integrity of the enamel surface: the role of dental biofilm, saliva and preventive agents in enamel demineralization and remineralization. *J Am Dent Assoc.* 2008;139:25S-34S.

23. Featherstone JD. The science and practice of caries prevention. *J Am Dent Assoc.* 2000;131(7):887-899.