creative commons

COMMONS DEED

저작자표시-비영리-변경금지 2.0 대한민국

이용자는 아래의 조건을 따르는 경우에 한하여 자유롭게

- 이 저작물을 복제, 배포, 전송, 전시, 공연 및 방송할 수 있습니다.

다음과 같은 조건을 따라야 합니다:

저작자표시. 귀하는 원저작자를 표시하여야 합니다.

비영리. 귀하는 이 저작물을 영리 목적으로 이용할 수 없습니다.

변경금지. 귀하는 이 저작물을 개작, 변형 또는 가공할 수 없습니다.

- 귀하는, 이 저작물의 재이용이나 배포의 경우, 이 저작물에 적용된 이용허락조건을 명확하게 나타내어야 합니다.
- 저작권자로부터 별도의 허가를 받으면 이러한 조건들은 적용되지 않습니다.

저작권법에 따른 이용자의 권리는 위의 내용에 의하여 영향을 받지 않습니다.

이것은 이용허락규약(Legal Code)을 이해하기 쉽게 요약한 것입니다.

Disclaimer

dCollection

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

[UCI]I804:24011-200000266631

2018년 2월
박사학위논문

법랑질 백색 병소 부위의 미백과 불소 처치 효과

조선대학교 대학원

치 의 학 과

조 아 라

2018년 2월 박사학위논문 법랑질 백색 병소 부위의 미백과 불소 처치 효과 조아라

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

법랑질 백색 병소 부위의 미백과 불소 처치 효과

Effects of bleaching and fluoride application on white spot lesions

2018년 2월 23일

조선대학교 대학원

치 의 학 과

조 아 라

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

법랑질 백색 병소 부위의 미백과 불소 처치 효과

지도교수 김 동 기

이 논문을 치의학 박사학위신청 논문으로 제출함

2017년 10월

조선대학교 대학원

치 의 학 과

조 아 라

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

조아라의 박사학위논문을 인준함

위원장 조선대학교 교 수 국 중 기 (인)

위 원 조선대학교 교 수 김 동 기 (인)

위 원 전)경희대학교 교 수 박 용 덕 (인)

위 원 조선대학교 교 수 김 흥 중 (인)

위 원 서울대학교 교 수 조 현 재 (인)

2017년 12월

조선대학교 대학원

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

목 차

ABSTRACT iv

서론 1

연구 재료 및 방법 4
1. 연구 재료 4
2. 연구 방법 4
3. 분석 방법 13

연구 성적 14
1. 색조 변화 14
2. 탈회량 변화 19

고안 23

결론 27

참고문헌 28

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

표 목 차

Table 1. Comparison of L^* value between baseline and after bleaching treatment among the groups ····· 14

Table 2. Comparison of a^* value between baseline and after bleaching treatment among the groups ····· 15

Table 3. Comparison of b^* value between baseline and after bleaching treatment among the groups ····· 16

Table 4. Comparison of ΔE between baseline and after bleaching treatment among the groups ····· 18

Table 5. Comparison of ΔF between baseline and after bleaching treatment among the groups ····· 20

Table 6. Comparison of ΔF between baseline and after fluoride application treatment among the groups ····· 22

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

그 림 목 차

Figure 1. Flow chart of the study experimental design ····· 6
Figure 2. An example of a tooth specimen buried in a acrylic resin block ·· 7
Figure 3. CIELAB color space ····· 8
Figure 4. Color measurement using Vita Easyshade®V ····· 9
Figure 5. An example of white spot lesion analysis prodecure using QLF and QLF software ····· 10
Figure 6. Comparison of ΔE between baseline and after bleaching treatment among the groups ····· 18
Figure 7. Comparison of ΔF between baseline and after bleaching treatment among the groups ····· 20
Figure 8. Comparison of ΔF between baseline and after fluoride application treatment among the groups ····· 22

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

ABSTRACT

Effects of bleaching and fluoride application on white spot lesions

Cho A Ra
Advisor: Prof. Kim dong kie, Ph.D.
Department of Dentistry,
Graduate School of Chosun University

The objective of this study was to evaluate the effect of external bleaching and fluoride treatment on teeth with white spot lesions(WSLs) as means for improving aesthetic with minimizing tooth damage. One hundred and forty extracted teeth(the third molar), without caries, cracks, fractures, abrasions, white spot lesions, staining, and restorations in the buccal enamel surface were used as experimental specimens. The specimens were divided into a sound enamel specimen and a white spot lesion specimen and were bleached with 15% hydrogen peroxide or 35% hydrogen peroxide. The specimens with bleaching treatment were examined for color difference and demineralization after fluorine gel application. The L^*, a^* and b^* values of the CIELAB system were measured using a spectrophotometer, Vita Easyshade®V (Vita Zahnfabrik, Bad Säckingen, Germany) and the color difference(ΔE) was calculated. Before and after the fluoride treatment, specimens were taken with QLF-D Biluminator™ 2+ (QLF-D, Inspector Research System BV, Amsterdam, The Netherlands). Using QLF image analysis program (QA2

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

v.1.25), the relative fluorescence loss (ΔF) of lesions compared to sound enamel was analyzed. Statistical significance was tested using t-test and ANOVA using the IBM SPSS Statistics 20.0 program (IBM Corporation, Armonk, NY, USA). The difference in color value (ΔE) between the 15% H_2O_2 bleached enamel and 15% H_2O_2 bleached white spot lesion was 2.47. 15% H_2O_2 bleaching treatment on white lesions can improve esthetics. There was no significant relationship between tooth demineralization and bleaching($p>0.05$). But applying fluorine gel at bleaching treatment has remineralization effect($p<0.05$). It was concluded that fluoride application after treatment of a bleaching agent with white spot lesions is effective in improving esthetics and remineralizing teeth.

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

서 론

법랑질 백색 병소는 우식성이거나 비우식성 원인으로 나타날 수 있다. 비우식성 원인으로 나타나는 법랑질 백색 병소(white spot lesion)는 표면이 부드러우며 광택이 난다. 발생학적 관점에서 법랑질 저광화, 법랑질 저형성증 등 유전적이거나 환경적 기저에서 발생할 수 있다[1]. 우식성 원인으로 나타나는 법랑질 백색 병소는 탈회된 법랑질로 치면세균막이 오랫동안 제거되지 않고 축적되어 나타난다. 치아 주변 환경이 개선되지 않는다면 와동으로 진행하게 되지만[1], 만약 재광화가 이루어져 병소의 진행이 멈춘다 하더라도 분필(chalky) 같은 외양이 남게 된다. 이것은 법랑질 표층과 표면하층의 무기질 소실에 의해 일어나는 광학적인 현상이다[2]. 백색 병소가 있는 부분의 굴절률의 변화는 표면 거칠기와 표면 광택 상실 및 내부 반사 변화의 결과로 법랑질을 불투명하게 만들어[3] 심미적 문제가 발생한다.

심미성 개선을 위해 침투성 레진 수복, 미백, 미세 연마, 레진 수복, 간접 수복물 등의 치료 방법이 제안되었다. 최근 도입된 방법인 침투성 레진 수복은 법랑질 백색 병소의 다공성을 이용하는 것으로 낮은 점도의 레진이 탈회된 법랑질 기질에 침투하여 공간을 채우는 것이다. 이 술식은 백색 병소를 개선하는데 성공적이라 보고되고 있지만 최신 기술이라 검증 기간이 짧고, 진행 중인 백색 병소에서 성공률이 더 높은 것으로 보고되고 있다. 미세 연마 술식은 탄화 규소(silicon carbide) 입자 연마제와 염산을 사용하여 법랑질 표면을 용해시켜 표면의 얼룩이나 흠을 제거하는 것이다. 이 술식을 이용하여 법랑질 백색 병소를 성공적으로 제거하려면 병소의 깊이가 0.2에서 0.3 mm를 넘지 않아야 한다. 와동이 형성되거나 과거 보존적인 심미 처치로 개선이 없었던 백색 병소의 경우, 치아 표면을 삭제하고 직접 레진을 수복 하거나 간접 포세린 수복을 통해 좋은 결과를 얻을 수 있다. 미세 연마 술식이나 수복 치료는 치아에 회복될 수 없는 기계적 손상을 가하기 때문에 덜 침습적인 미백 치료를 먼저 선택하기도 한다. 백색 병소가 있는 법랑질에 미백을 하였을 때 백색 병소와 주변의 건전한 법랑질 모두 밝기(lightness) 값이 증가하는데 건전 법랑질이 백색 병소보다 밝기 값이 더 증가하여 미백전과

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

비교하였을 때 두 구역 간에 색 조화가 더 잘 이루어졌다[4]는 결과가 보고되었다. 미백을 통해 백색 병소를 포함하는 치아 전체의 색을 감소시켜 법랑질 백색 병소를 감출 수 있다.

치아 미백은 미백제의 과산화물이 치아 내로 확산되어, 색이 있는 유기 물질과 작용하여 색을 감소시키는 기전으로 발생 된다[5]. 미백제에 의한 단백질 제거, 탈회, 산화를 통해 법랑질 표층의 미세형태학적 변화가 법랑질의 반투명도에 변화(감소하도록)를 가져오고 거친 표면은 빛반사를 분산시켜 치아를 더 밝게 만들어준다[6]. 치과에서 사용되는 미백제로는 5%~35%의 Hydrogen peroxide, 10~35%의 Carbamide peroxide, Sodium perborate 등이 있다. 과산화수소(H_2O_2, Hydrogen peroxide)를 치아에 적용한 후 치아의 변화에 관한 선행 연구들을 살펴보면 아직까지 치아에 유해한 영향을 미치는지에 대해서 의견 정리가 이루어지지 않았다. Joiner A.[7] 등은 미백제가 법랑질과 상아질 표면 형태, 화학적 성질, 표면 미세강도에 유해한 영향을 미치지 않고 치아 우식 형성이나 치약 마모, 산 부식에 의한 손실에 연관성이 없다고 밝혔다. 또한 불소나 칼슘을 통해 법랑질과 상아질의 화학적 성질에 끼치는 영향을 막을 수 있다고 하였다. 그러나 Dahl JE[8] 등은 미백제로 인한 칼슘/인 비율의 변화, 수산화인회석의 무기 성분의 변화, 법랑질의 형태 변화, 법랑질의 탈회, 표면 거칠기 변화를 밝혔다.

미백제로 인해 발생한 치아 미세 구조의 손상을 회복시키기 위해 불소 제재가 사용되어왔다[9,10]. 미백 치료 후 불소를 도포한 그룹이 그렇지 않은 그룹보다 치아 경도 감소가 적고 미백 치료로 증가된 표면 거칠기를 감소시킨다는 연구가 있다. 고농도의 불소 도포가 불화 칼슘층을 형성하는데 이것이 용해되어 불소를 타액이나 플라그로 덮힌 치아 표면 법랑질 하부로 침투시켜 법랑질의 재광화를 돕기 때문이다[9,11].

이 연구의 목적은 세 가지이다. 첫째, 법랑질 백색 병소가 있는 치아에 두 가지 농도의 H_2O_2 미백제 처치를 하였을 때 백색 병소와 이것을 둘러싼 건전한 법랑질의 색조 차이를 분광광도계로 관찰하여 미백이 백색 병소 심미성 개선을 위한 치료 방법으로서 타당한지 평가한다. 둘째, 법랑질 백색 병소에 두 가지 농도의 H_2O_2 미백제를 처치하였을 때 치아 탈회에 미치는 영향을

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

Quantitative light-induced fluorescence (QLF) 장비를 이용하여 평가한다. 셋째, 미백 후 불소겔 도포가 치아에 미치는 영향을 QLF장비로 관찰하고 미백 치료 시행시 불소 사용의 타당성을 평가한다.

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

연구 재료 및 방법

1. 연구 재료

조선대학교 치과병원에서 발치 후 보관중인 제 3 대구치 중 협측 법랑질에 우식, 균열, 파절, 마모, 백색 병소, 변색, 수복물이 없는 것으로 140 개를 선정하였다. 본 연구는 조선대학교 치과병원 연구윤리심의위원회의 연구윤리 심의를 통해 승인을 받아 진행되었다(2017년 승인 번호 CUDHIRB 1710 046).

2. 연구 방법

가. 연구 설계

실험은 7 개의 군으로 나누어 수행하였고 한 개의 군에는 20 개의 치아를 배정하였다 . Group 1부터 Group 5까지는 미백 후 색조 변화 측정을 위한 실험군이고 Group 4부터 Group 7은 미백 전후의 탈회량 측정을 위한 실험군이다(Fig. 1).

Group 1은 건전 법랑질의 초기 색조 값 측정 후 15% H_2O_2 미백제를 30 초씩 2 회 도포하였다. 증류수를 이용하여 미백제를 세척한 후 인공 타액에 담갔다. 인공 타액은 24 시간마다 교체하였으며 37 ℃ 항온기에 2주간 보관하였다. 증류수를 이용하여 인공 타액을 세척 후 마른 거즈로 부드럽게 닦아내었다. 그리고 분광광도계로 색조 값을 측정하였다. Group 2는 35% H_2O_2 미백제를 이용하여 Group 1과 같은 과정을 수행하였다.

Group 3은 인공 백색 병소를 만드는 것인데 초기 색조 값 측정 후 탈회 용액에 2 주간 담갔다가 꺼내었다. 탈회 용액은 24 시간마다 교체하였으며 37 ℃ 항온기에 2주간 보관하였다. 증류수를 이용하여 탈회 용액을 세척 후

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

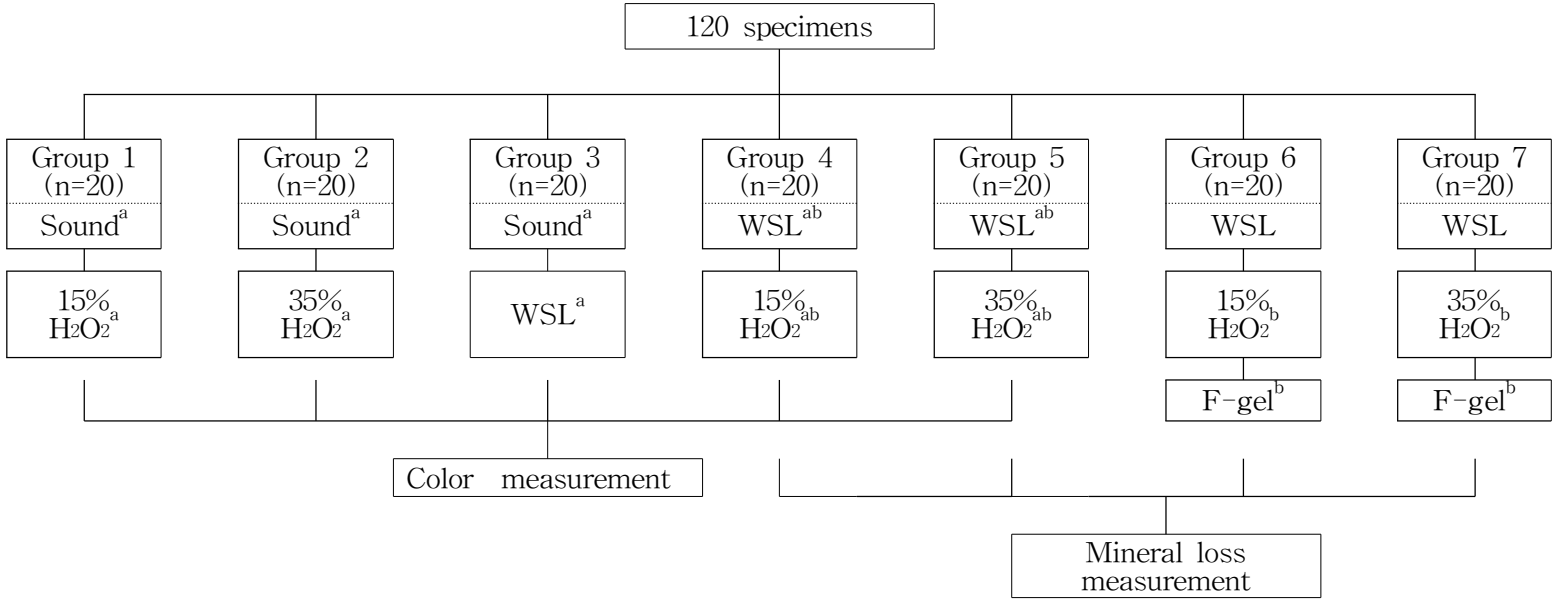
마른 거즈로 부드럽게 닦아내었다. 백색 병소가 형성됐는지 육안으로 확인하고 색조 값을 측정하였다.

Group 4와 5는 인공 우식 병소를 Group 3과 같은 방법으로 만든 후 초기 색조 값과 초기 탈회량을 측정하였다. Group 4와 5는 각각 15%, 35% H_2O_2 미백 처치를 하였으며 방법은 Group 1과 같이 하였다. 미백 및 인공 타액 보관 후 색조 값과 탈회량을 측정하였다.

Group 6과 7은 Group 3과 같은 방법으로 인공 우식 병소를 만든 후 각각 15%, 35% H_2O_2 미백제를 30 초씩 2 회 도포한 후 증류수를 이용하여 미백제를 세척 후 마른 거즈로 부드럽게 닦아내었다. 시편의 초기 탈회량을 측정하였다. 이후 불소겔을 4 분간 도포 후 마른 거즈로 불소겔을 부드럽게 닦아낸 후 인공 타액에 담갔다. 인공 타액은 24 시간마다 교체하였으며 37 ℃ 항온기에 2 주간 보관하였다. 증류수를 이용하여 인공 타액을 세척 후 마른 거즈로 부드럽게 닦은 후 탈회량을 측정하였다.

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY



[a] ; color measurement by Vita Easyshade®V
[b] ; mineral loss measurement by QLF-D Biluminator™ 2+
WSL ; White spot lesion

Figure 1. Flow chart of the study experimental design.

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

나. 시편 제작

선정된 140 개 치아 표면의 이물질을 제거하기 위해 초음파 스케일러를 이용하여 치관부위를 부드럽게 스케일링 한 후 70% 에탄올을 이용하여 세척과 소독을 시행하였다. 백악법랑경계(cementoenamel junction)부근에서 저속 주행 절단기를 사용하여 주수 하에 치근부를 절단하였다. 협측 치아면이 노출되도록 레진 블록(DuraHue; Reliance Dental Mfg.co., IL, USA)에 매몰하였다. 협측 치아 면의 중앙 부위에 가로 3mm, 세로 3mm 정사각형의 영역을 제외한 부분을 불소가 없는 투명 Nail varnish(Organic farm Korea Co., Korea)로 2 회 도포하여 창(window)을 만들었다(Fig. 2). 만들어진 140 개의 시편은 20 개씩 7 개 군으로 무작위 배정하였다.

Figure 2. An example of a tooth specimen buried in a acrylic resin block

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

다. 색조 측정

비색계(colourimeter)는 사물의 색상을 계산하도록 고안된 기구이다. 색은 국제조명위원회 (Commission Internationale de l'Éclairage, CIE)의 광도L^* (lightness), 채도 a^*, 채도 b^* 값인 색 공간의 숫자로 표현된다(Fig. 3). CIELAB 색조계에서 동등한 거리들은 인지되는 색 차이가 동등하게 부합하도록 한 3차원의 단일 형태의 색 공간이다. L^* 축은 밝기를 나타내며 0(흑색)부터 100(백색)까지 포함한다. a^*, b^* 는 각각 적색-녹색, 황색-청색 축이다. a^*, b^* 값은 계량된 채도와 색조 값을 얻어내기 위해 사용될 수 있다. 두 사물 사이의 색조 차이(ΔE)는 CIELAB 색조계에서 계산해서 정량화할 수 있다[12].

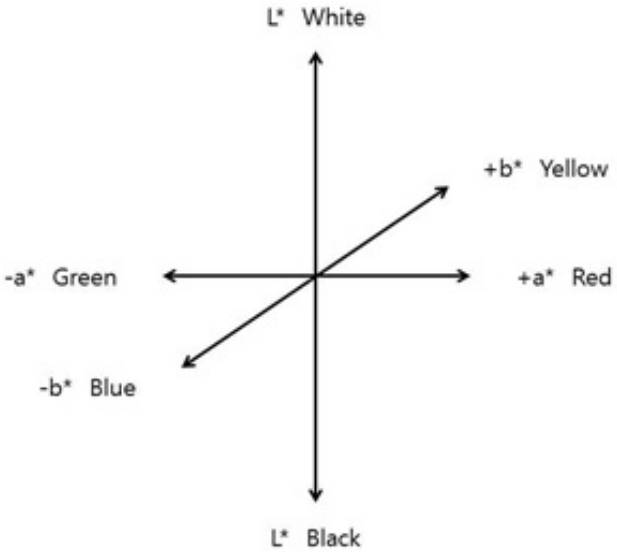


Figure 3. CIELAB color space

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

분광 광도계는 사물을 이용하여 객관적으로 색조를 측정하는데 한 번에 하나의 파장이 치아의 가시 범위를 측정하기 위해 반사율이나 투과율을 측정한다. Vita Easyshade®V(Vita Zahnfabrik, Bad Säckingen, Germany)는 구내 혹은 구외 실험실에서 가장 신뢰성 있는 도구[13]로 본 실험에서는 실험 부위(window)의 색조 측정에 이용하였다(Fig. 4). 이것은 소형 사이즈의 측정 기계로 코드가 없어 손으로 쥐고 이동할 수 있다. 측정 팁은 대략 5 mm정도의 지름을 가지고 있다. 측정 과정에서 팁의 주변부에서 백색 LED의 빛이 치아로 조사된다. 측정된 색은 기계의 디스플레이에 표시되는데 Vita classical 또는 Vita-3D Master 시스템의 Vita shade에서 가장 가까운 값이나 CIELAB 색조계의 값으로 표시된다. 본 실험에서는 CIELAB 색조계의 L^*, a^*, b^* 값을 측정하였다.

측정은 같은 조건에서 실시하였다. Vita Easyshade®V의 팁은 치아의 협면에 90°를 유지하여 밀착시켰다. 한 명의 조사자가 한 부위를 3회 측정 후 평균값을 기록하였다. 색조는 L^*,a^*,b^*의 초기 값과 처치 후의 차이를 공식 ($\Delta E = [(\Delta L^*)^2+(\Delta a^*)^2+(\Delta b^*)^2]^{1/2}$)[14]에 대입하여 처치 전후의 색 차이를 나타내는 ΔE 값을 얻었다.

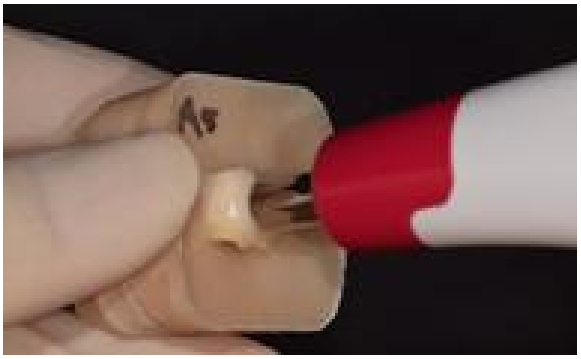


Figure 4. Color measurement using Vita Easyshade®V.

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

라. 탈회량 측정

QLF-D(Quantitative light-induced fluorescence-digital) BiluminatorTM 2+(QLF-D, Inspektor Research System BV, Amsterdam, The Netherlands)는 매우 초기 단계의 우식증을 탐지하는데 사용되는 장비이다. QLF technology는 치아가 특정 빛 조건에서 형광빛을 띠게 되는데 탈회된 법랑질이 건전한 법랑질보다 형광빛이 감소하는 현상을 이용한 것이다. 특수한 카메라를 포함하는 이 시스템은 QLF 소프트웨어가 설치된 노트북에 연결되어 있다. 크세논 기술이 적용된 원형의 램프로부터 백색광이 발생했을 때 시각화하고 캡쳐한 이미지는 λ=410 nm의 최대 강도와 λ=80 nm의 대역을 가진 청색광-투과 대역 필터를 통해 여과되고, 청자색 광으로 치아를 조명하기 위하여 정면과 후면에서 산란된 빛을 걸러내는 황색 투과 필터(λ≥520 nm)를 가지는 CCD 센서가 보조한다.

탈회된 병소는 QLF 하에서 어두운 지역으로 보인다. 분석 소프트웨어를 이용하여 형광 소실값(ΔF)은 주변 건전 법랑질의 형광으로부터 병소 법랑질의 형광을 재구성하여 얻어진다. 형광의 감소는 실제 및 재구성 된 형광 표면 사이의 백분율 차이를 계산함으로써 결정되었다[15].

시편의 window를 QLF 카메라의 중앙에 위치시켜 이미지를 기록하였다. QLF에 의해 기록된 이미지는 QLF 소프트웨어(QA2 ver1.25)를 통해 White spot lesion의 형광 소실 값(ΔF)을 정량화하여 분석하였다(Fig. 5).

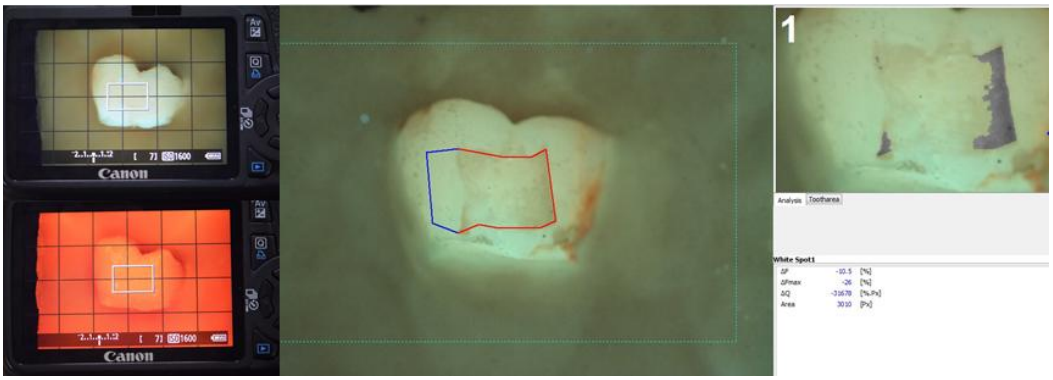


Figure 5. An example of white spot lesion analysis prodecure using QLF and QLF software

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

마. 백색 병소

법랑질 탈회를 위해 인공 우식 용액 lactic acid buffer (0.1 M, pH 4.6)를 제조하였다[16]. 인공 우식 용액에 담근 시편을 37 ℃항온기에 14 일간 보관하여 백색 병소를 형성하였다. 인공 우식 용액은 24 시간마다 교환해 주었다. 시편의 인공 백색 병소를 육안으로 확인 후 색조 측정 또는 QLF 측정을 실시하였다.

바. 미백

실험에서 사용된 미백제는 15% H_2O_2와 35% H_2O_2(Duksan pure chemicals, Korea)이다. 미백제를 시편에 적용할 때는 시린지를 이용하여 window에 충분한 양의 미백제가 위치할 수 있게 하였다. 그룹별로 15% 혹은 35% 미백제를 30 초씩 2 회 적용한 후 인공 타액에 담가 14 일간 37 ℃ 항온기에서 보관하였다. 인공 타액은 24 시간마다 교환해 주었다. 실험에 사용한 인공 타액은 증류수 2,000 mL에 gastric mucin 4.4 g, NaCl 0.762 g, $CaCl_2 \cdot 2H_2O$ 0.426 g, KH_2PO4 1.476 g, KCl 2.22 g을 용해시킨 후 pH는 6.8로 조절하여 제조하였다[17]. 시편을 인공 타액으로부터 꺼내어 증류수로 세척한 후 마른 거즈로 표면의 수분을 부드럽게 제거 후 색조 측정 또는 QLF 측정을 실시하였다.

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

사. 불소 도포

1.23% APF gel(60 seconds Taste gel, Pascal Co., Inc., Bellevue, WA) 불소 제제를 시편의 window 부위에 약 2mm 정도 두께의 층으로 도포하였다. 4 분 후 APF gel을 거즈를 이용하여 조심스럽게 닦아내었다. 불소겔 제거 후 인공 타액에서 14 일간 37 ℃ 항온기에 보관하였다. 인공 타액은 24 시간마다 교환해 주었다. 시편을 꺼내어 증류수로 세척한 후 마른 거즈로 표면의 수분을 부드럽게 제거 후 QLF 측정을 실시하였다.

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

3. 분석 방법

표본 수 계산은 80% 검정력과 50%의 효과 크기, 5%의 유의수준과, 양측 검정을 사용여 G-power 프로그램을 이용해 계산하였다. 실험 중에 이루어진 모든 측정은 한 명의 연구자가 3회씩 측정을 반복 수행하였다. 통계분석은 IBM SPSS Statistics 20.0 프로그램(IBM Corporation, Armonk, NY, USA)을 이용하였다.

미백 전후 집단 간 색조 차이를 검정하기 위하여 95% 유의수준에서 ANOVA(analysis of variance)를 하였다. 탈회량 비교는 paired t test를 실시하였다. 백색병소와 미백후의 ΔE값 비교는 ANOVA를 하였다. 사후분석은 Scheffe를 이용하였다.

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

연 구 성 적

1. 색조 변화

가. L^* 값

건전한 법랑질에 15% H_2O_2 미백 처치한 Group 1은 L^* 값이 평균 3.75 증가하였고, 백색 병소에 15% H_2O_2 미백 처치한 Group 4는 L^* 값이 8.81 증가하여서 두 군 모두에서 밝기가 증가한 것을 확인할 수 있다. Group 4에서 L^* 값은 Group 1에 비해 더 크게 증가하였다($p<0.001$)(Table 1).

건전한 법랑질에 35% H_2O_2 미백 처치한 Group 2는 L^* 값이 평균 13.91 증가하였고, 백색 병소에 35% H_2O_2 미백 처치한 Group 5는 L^* 값이 4.75 증가하여서 두 군 모두에서 밝기가 증가한 것을 확인할 수 있다. Group 2에서 L^* 값은 Group 5에 비해 더 크게 증가하였다($p<0.001$)(Table 1).

Group 3에서는 백색 병소가 생성되면서 L^*값이 증가하였다(Table 1).

Table 1. Comparison of L^* value between baseline and after bleaching treatment among the groups (Mean±SD)

Group	Baseline	Treatment	Difference	
15% BL(Group 1)	85.36 (±4.19)	89.11 (±3.77)	3.75(±1.82)	
35% BL (Group 2)	78.90 (±5.46)	92.81 (±2.56)	13.91(±5.89)	*
WSL (Group 3)	80.43 (±2.72)	83.94 (±2.97)	3.51(±2.28)	
WSL + 15% BL (Group 4)	75.14 (±4.68)	83.95 (±4.09)	8.81(±3.08)	*
WSL + 35% BL (Group 5)	71.80 (±7.65)	76.54 (±5.65)	4.75(±3.67)	

ANOVA, *; $p<0.05$

BL; H_2O_2 bleaching, WSL; white spot lesion

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

나. a* 값

건전한 법랑질에 15% H_2O_2 미백 처치한 Group 1은 a* 값이 평균 2.02 감소하였고, 백색 병소에 15% H_2O_2 미백 처치한 Group 4는 a* 값이 평균 1.64 감소하였다. 미백 처치 후 모든 시편에서 a* 값은 감소하였다. 그러나 Group 1과 Group 4 간에 a* 값의 유의한 색조 차이는 없었다(p>0.05)(Table 2).

건전한 법랑질에 35% H_2O_2 미백 처치한 Group 2는 a* 값이 평균 3.24 감소하였고, 백색 병소에 35% H_2O_2 미백 처치한 Group 5는 a* 값은 평균 3.32 감소하였다. Group 2와 Group 5간의 유의한 색조 차이는 없었다(p>0.05)(Table 2).

Group 3에서는 백색 병소가 생성될 때 a*값은 변화가 거의 없었다(Table 2).

Table 2. Comparison of a* value between baseline and after bleaching treatment among the groups (Mean±SD)

Group	Baseline	Treatment	Difference
15% BL(Group 1)	4.73(±1.44)	2.71(±1.04)	-2.02(±1.64)
35% BL (Group 2)	5.27(±1.16)	2.23(±0.52)	-3.24(±0.92)
WSL (Group 3)	5.04(±0.89)	5.08(±0.78)	0.04(±0.60)
WSL + 15% BL (Group 4)	5.73(±1.15)	4.08(±0.85)	-1.64(±0.58)
WSL + 35% BL (Group 5)	6.14(±1.74)	2.82(±0.93)	-3.32(±1.97)

ANOVA, -; p>0.05

BL; H_2O_2 bleaching, WSL; white spot lesion

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

다. b* 값

건전한 법랑질에 15% H_2O_2 미백 처치한 Group 1은 b* 값이 평균 5.63 감소하였고, 백색 병소에 15% H_2O_2 미백 처치한 Group 4는 b* 값이 평균 1.64 감소하였다. 미백 처치 후 모든 시편에서 b* 값은 감소하였다. Group 1에서 b* 값은 Group 4에 비해 유의미하게 감소하였다($p<0.001$)(Table 3).

건전한 법랑질에 35% H_2O_2 미백 처치한 Group 2는 b* 값이 평균 6.2 감소하였고, 백색병소에 35% H_2O_2 미백 처치한 Group 5는 b* 값이 평균 8.74 감소하였다. Group 5에서 b*값은 Group 2비해 유의미하게 감소하였다($p=.005$)(Table 3).

Group 3에서는 인공 우식 병소가 생성될 때 b* 값은 변화가 거의 없었다(Table 3).

Table 3. Comparison of b* value between baseline and after bleaching treatment among the groups (Mean±SD)

Group	Baseline	Treatment	Difference
15% BL(Group 1)	48.75(±2.94)	43.12(±3.26)	-5.63(±1.78)
35% BL (Group 2)	48.29(±2.02)	42.09(±1.91)	-6.20(±1.39)
WSL (Group 3)	48.38(±2.27)	49.63(±2.30)	1.25(±1.15)
WSL + 15% BL (Group 4)	48.40(±2.72)	46.76(±3.15)	-1.64(±3.40)
WSL + 35% BL (Group 5)	45.32(±3.78)	36.58(±4.16)	-8.74(±3.55)

ANOVA, *; $p<0.05$

BL; H_2O_2 bleaching, WSL; white spot lesion

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

라. ΔE 값

건전한 법랑질에 15% H_2O_2 미백 처치한 Group 1은 ΔE 값이 평균 7.31 이고, 백색병소에 15% H_2O_2 미백 처치한 Group 4는 ΔE 값이 평균 9.79 이다. Group 4에서 ΔE 값은 Group 1에 비해 유의하게 변화하였다 (p=.002)(Table 4).

건전한 법랑질에 35% H_2O_2 미백 처치한 Group 2는 ΔE 값이 평균 15.79 이고, 백색병소에 35% H_2O_2 미백 처치한 Group 5는 ΔE 값이 평균 11.21 이다. Group 2에서 ΔE 값은 Group 5에 비해 유의하게 변화하였다 (p=.002)(Table 4 & Fig. 6).

Group 3에서는 인공 우식 병소가 생성될 때 ΔE 값은 4.16 변화하여 모든 실험군 중 가장 적게 변화하였다. 인공 우식병소에 H_2O_2 미백 처치를 하면 ΔE의 변화는 유의한 것으로 나타났다. Group 3 & Group 4, Group 3 & Group 5 간의 유의성이 있었으나(p<0.001), Group 4 & Group 5 간에 유의성이 없으므로 미백제 농도와 백색 병소 색조 변화량은 관계가 없었다 (p=0.377)(Table 4 & Fig. 6).

Collection @ chosun

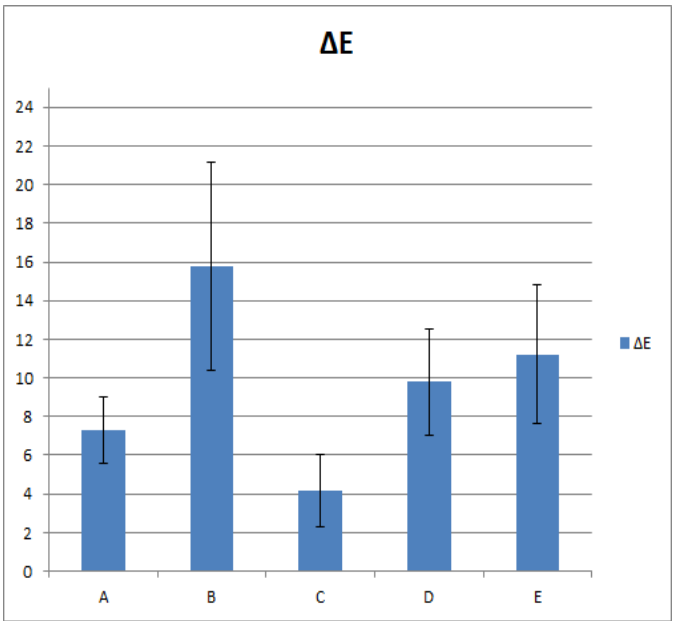
조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

Table 4. Comparison of ΔE between baseline and after bleaching treatment among the groups (Mean±SD)

Group	Mean(SD)
15% BL(Group 1)	7.31(±1.71)
35% BL (Group 2)	15.79(±5.37)
WSL (Group 3)	4.16(±1.85)
WSL + 15% BL (Group 4)	9.78(±2.75)
WSL + 35% BL (Group 5)	11.21(±3.58)

ANOVA, *; $p<0.05$, –; $p>0.05$

BL; H_2O_2 bleaching, WSL; white spot lesion



A(Group 1); 15% bleaching
B(Group 2); 35% bleaching
C(Group 3); white spot lesions
D(Group 4); white spot lesions + 15% bleaching
E(Group 5); white spot lesions + 35% bleaching

Figure 6. Comparison of ΔE between baseline and after bleaching treatment among the groups

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

2. 탈회량 변화

가. 백색 병소에 미백제 도포시 ΔF 값 비교

Group 4에서 백색 병소에 15% H_2O_2 미백 처치 전 ΔF 값은 평균 -8.83이고, 미백 처치 후 평균 -8.19로 탈회량이 조금 감소하였다. Group 5에서 백색 병소에 35% H_2O_2 미백 처치 전 ΔF 값이 평균 -8.39이고, 미백 처치 후 평균 -8.91로 탈회량이 조금 증가하였다. 두 군 모두 H_2O_2 미백 처치 전후 탈회량의 변화는 통계적으로 유의하지 않았다. 또한 H_2O_2 미백제 농도에 따른 탈회량 비교에서도 두 군간의 어떤 관계도 발견되지 않았다(Table 5 & Fig. 7).

Collection @ chosun

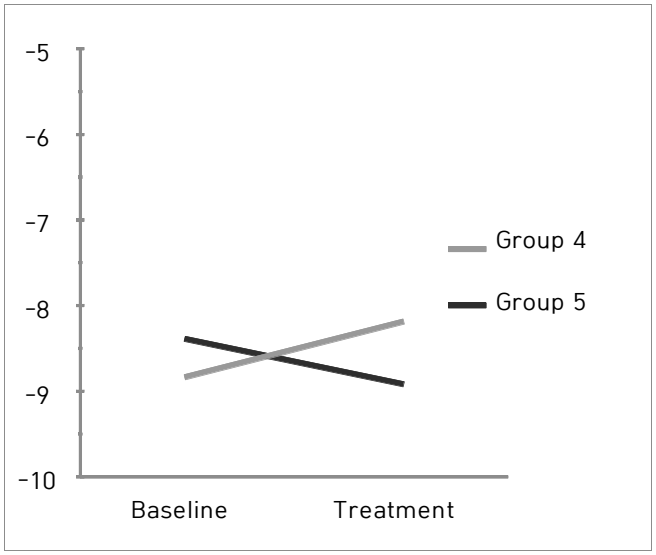
조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

Table 5. Comparison of ΔF between baseline and after bleaching treatment among the groups (mm^2·%) (Mean±SD)

Group	Baseline	Treatment	Difference	
WSL + 15% BL (Group 4)	-8.83 (±2.51)	-8.19 (±1.78)	-8.83(±2.51)	$p>0.05$
WSL + 35% BL (Group 5)	-8.39 (±2.33)	-8.91 (±2.04)	-8.19(±1.78)	$p>0.05$

paired t-test, $p<0.05$

BL; bleaching, WSL; white spot lesion



Group 4; white spot lesions + 15% bleaching

Group 5; white spot lesions + 35% bleaching

Figure 7. Comparison of ΔF between baseline and after bleaching treatment among the groups

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

나. 미백 처치 한 백색 병소에 불소겔 도포 후 ΔF 값 비교

Group 6은 백색 병소에 15% H_2O_2 미백 처치 후 ΔF 값이 평균 -13.62이고, 미백 처치한 백색 병소에 불소겔 도포 후 평균 -7.72로 탈회량이 감소하였다. Group 7은 백색 병소에 35% H_2O_2 미백 처치 후 ΔF값이 평균 -12.69이고, 미백 처치한 백색 병소에 불소겔 도포 후 평균 -8.64로 탈회량이 감소하였다. 미백 처치한 치아에 불소를 처치했을 때 탈회량의 감소는 두 군 모두에서 유의성이 관찰되었다($p<0.001$). 그러나 미백제 농도에 따른 탈회량 감소의 상관 관계는 없었다(Table 6 & Fig. 8).

Collection @ chosun

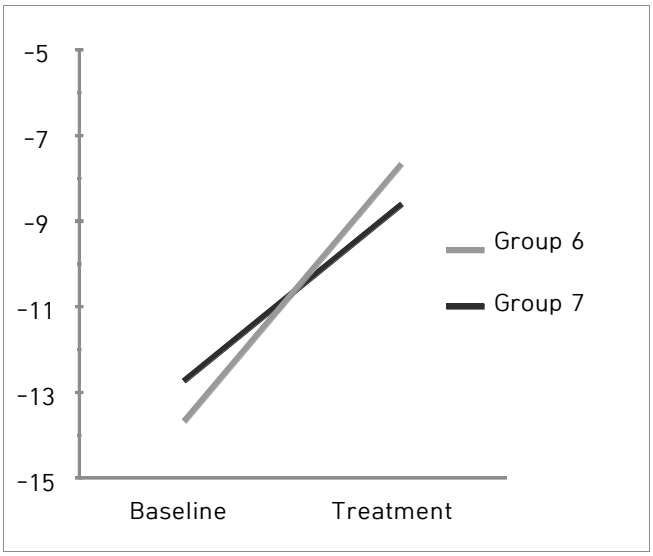
조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

Table 6. Comparison of ΔF between baseline and after fluoride application treatment among the groups (mm^2·%) (Mean±SD)

Group	Baseline	Treatment	Difference	
WSL + 15% BL (Group 4)	-13.62 (±4.07)	-7.72 (±1.77)	-8.83(±2.51)	$p<0.05$
WSL + 35% BL (Group 5)	-12.69 (±4.24)	-8.64 (±1.93)	-8.19(±1.78)	$p<0.05$

paired t-test, $p<0.05$

BL; bleaching, WSL; white spot lesion



Group 6; white spot lesions + 15% bleaching + fluoride
Group 7; white spot lesions + 35% bleaching + fluoride

Figure 8. Comparison of ΔF between baseline and after fluoride treatment among the groups

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

고 안

법랑질 백색 병소는 건전한 법랑질에 비해 불투명하고 빛을 산란시켜 심미적으로 좋지 않은 결과를 가져온다. 또한 플라그 제거 능력이 개선되어 초기 우식 병소 진행이 정지되더라도 불투명한 백색 병소는 없어지지 않는 경우가 많기 때문에 침투성 레진 수복, 미백, 미세 연마, 레진 수복, 간접 수복물 등의 치료를 한다. 그러나 이들 치료 방법은 우식 진행이 정지된 백색 병소에 적절하지 않거나 치아에 비가역적인 손상을 가하기 때문에 보다 비침습적인 미백 치료를 통한 심미적 개선을 시도하기도 한다. 그러나 미백은 백색 병소뿐만 아니라 주변 법랑질 모두를 밝게 하기 때문에 그 효과에 대해 논란이 있다. 하지만 병소에 이환되지 않은 법랑질이 백색 병소보다 더 밝기가 증가하기 때문에 백색 병소와 그것을 둘러싼 병소에 이환되지 않은 법랑질과의 대비를 줄이는 결과를 가져와 효과적인 치료가 될 수 있다고 보고되고 있으므로[16] 본 연구에서는 법랑질 백색 병소에 미백 처치를 하였을 때 주변 치질과 법랑질 백색 병소의 색조 차이를 줄여 법랑질 백색 병소의 외양을 개선할 수 있는지 두 가지 농도의 미백제를 사용하여 평가하였다.

CIELAB system에서 L^* 축은 밝기를 나타내며 0(흑색)부터 100(백색)까지 포함한다. 미백 처치를 한 모든 시편에서 L^* 값이 증가하였다. 건전 치아의 경우 35% H_2O_2 미백제 처치 군이 15% H_2O_2 미백제 처치 군보다 L^* 값의 증가가 더 컸다. 그러나 백색 병소의 경우 15% H_2O_2 미백제를 사용한 군에서 L^* 값의 증가가 더 컸다. 미백시 건전 치아와 백색 병소간의 상관 관계는 15% H_2O_2 미백제를 도포하였을 때 백색 병소에서 L^* 값이 증가하였고 35% H_2O_2 미백제를 도포하였을 때는 건전 치아에서 L^* 값이 증가하였다 ($p<0.05$)(Table 1). Knösel M(2007) 등[19]은 교정 브라켓 제거 후 눈에 보이는 비활성 백색 병소에 30% H_2O_2 미백제로 진료실 미백과 15% H_2O_2 미백제로 가정 내 자가 미백을 병행한 후 백색 병소를 감출 수 있는지 연구했고 미백 치료는 백색 병소보다 주변 건전 치아의 밝기 값을 크게 증가시켜 환자가 만족할 만한 색조 개선효과를 얻어 본 연구와 유사한 결과를 보였다.

CIELAB system에서 a^* 값은 적색-녹색의 척도이며 양의 a^* 값은 적색,

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

음의 a^* 값은 녹색을 나타낸다. b^* 값은 황색-청색의 척도이며 양의 b^* 값은 황색, 음의 b^* 값은 청색을 나타낸다. a^* 와 b^* 값이 0에 가까워지면 백색과 회색같은 중성색에 가까워지고 광도가 증가하거나 색이 강렬해진다.[20] 본 실험에서 H_2O_2 미백제 도포 후 모든 시편에서 a^* 값이 감소하였다. 그러나 H_2O_2 미백제 도포시 건전 치아와 백색 병소간에 통계적으로 유의한 차이는 없었다($p>0.05$). 건전 치아와 백색 병소 모두에서 고농도의 미백제를 도포했을 때 a^* 값의 감소가 더 큰 경향을 보였으나 통계적으로 유의하지 않았다($p>0.05$)(Table 2). H_2O_2 미백제 도포시 모든 시편에서 미백제 농도가 클수록 b^* 값이 크게 감소하는 경향을 보였다. 건전 치아와 백색 병소간의 미백제 도포시 상관관계는 15% H_2O_2 미백제를 도포하였을 때 건전 치아에서 b^*값이 유의하게 감소하였지만 35% H_2O_2 미백제를 도포하였을 때는 백색 병소에서 b^*값이 유의하게 감소하였다($p<0.05$)(Table 3).

본 연구에서는 H_2O_2 농도가 다를 때 건전 치아 및 백색 병소 모두에서 높은 농도인 35% H_2O_2 미백제 도포 군에서 ΔE 값의 변화가 컸다. 그러나 같은 농도의 미백제 도포시 ΔE 값의 변화를 건전 치아와 백색 병소에서 비교해 보면 15% H_2O_2 미백제 도포시에는 백색 병소에서, 35% H_2O_2 도포시에는 건전 치아에서 유의한 변화가 나타났다($p<0.05$)(Table 4). Sulieman 등[21]은 5~35% 까지 H_2O_2를 함유한 gel의 치아 미백 효과를 비교하였고 같은 정도의 미백 효과를 보기 위해서 높은 농도의 미백제를 사용할수록 미백제 적용 횟수가 줄어든다고 하였다. Leonard 등[22]은 5%, 10%, 16% carbamide peroxide gel의 치아 미백 효과를 비교한 실험에서 초기에는 16%, 10%, 5% 농도 순으로 빠르게 일어난다고 하였다. Kihn 등[23]은 개별 맞춤으로 만들어진 미백 트레이를 이용한 임상 연구에서 2주간 미백을 진행하였을 때 15% Carbamide peroxide gel이 10% Carbamide peroxide gel보다 유의하게 더 효과적이라고 하였다. 그러나 건전 치아의 경우 미백 효과가 미백제 농도에 비례하였지만 백색 병소의 경우 미백 효과와 미백제 농도는 비례하지 않았다.

건전 치아에 15% H_2O_2 미백제를 도포한 Group 1의 ΔE 값은 7.31이었고 백색 병소에 15% H_2O_2 미백제를 도포한 Group 4의 ΔE 값은 9.78로 이 둘의 색조 차이는 2.47이었다. 건전 치아에 35% H_2O_2 미백제를 도포한 Group

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

2의 ΔE 값은 15.79이었고 백색 병소에 35% H_2O_2 미백제를 도포한 Group 5의 ΔE 값은 11.21 로 이 둘의 색조 차이는 4.78이었다.

Johnston과 Kao[18]에 의하면 색조 차이 ΔE 값이 평균 3.7(SD 2.4) 일 때 같은 색으로 인지하고, ΔE 값이 평균 6.8(SD2.7) 일 때 다른 색으로 인지한다고 하였다. 본 실험에서 건전한 법랑질과 백색 병소를 미백 처치하였을 때 ΔE 차이는 15% H_2O_2 미백제 도포 군에서는 2.47, 35% H_2O_2 미백제 도포 군에서는 4.78 이었으므로 15% H_2O_2 미백제 치료에서 주변 법랑질과 백색 병소간의 색조 차이를 줄여 심미적 개선이 가능할 것으로 기대할 수 있다. 백색 병소의 ΔE 값은 4.16이었으므로 35% H_2O_2 미백제를 도포할 경우 백색 병소와 주변 법랑질과의 색조 차이를 오히려 증가시켰다($p<0.05$)(Table 4).

본 연구에서는 탈회된 법랑질을 탐지하고 정량적으로 분석하는 QLF 장비를 이용하여 미백 후 법랑질의 무기질 소실을 관찰하였다. 백색 병소에 15% H_2O_2 미백제 도포시 탈회량이 미량 감소하고, 35% H_2O_2 미백제 도포시 탈회량이 미량 증가하였다($p>0.05$)(Table 5). Oltu Ü., Gürgan S[24] 는 적외선 흡수 분광법 및 X선 회절 분석을 이용하여 낮은 농도(10~16%)의 Carbamide peroxide 미백제는 법랑질 구조에 영향이 없지만 35% Carbamide는 구조에 영향을 준다고 하였다. 한편, Sulieman M 등[25]은 진료실 미백이 법랑질과 상아질에 미치는 효과에 대해 미세 경도 시험과 주사 전자 현미경 관찰 결과 어떤 유해한 영향도 없다고 하였다. 미백 처치시 치아에 결정적인 영향을 미치는지에 관한 선행 연구는 아직 정리되지 않았으나 실험 결과 미백제의 농도와 무관하게 백색 병소에 미백제 처치는 치아 탈회에 큰 영향이 없음을 확인하였다. 또한 15% 미백제 도포시 전보다 탈회량이 감소하였는데 미백제 처치 후 2주간 인공 타액에 보관되는 동안 재광화가 일어났기 때문이라고 생각된다.

본 연구에서 15% H_2O_2 미백제 도포시에 불소겔을 적용할 경우 탈회량이 감소하고, 35% H_2O_2 미백제 도포시에 불소겔을 적용할 경우도 탈회량이 감소하였다($p<0.05$)(Table 6). Martin JM 등[26]은 미백 처치로 법랑질 표면의 거칠기가 증가하는데 불소 제제 적용이 이것을 감소시킬 수 있다고 하였다. 또 Kemaloğlu H[27] 등은 미백 후 불소 제재를 적용한 군이 38% H_2O_2를 처치

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

한 군보다 칼슘 이온이 덜 유리되므로 불소가 탈회의 위험을 감소시킨다고 하였다. 본 연구는 미백 후 불소 사용은 탈회된 치질을 재광화 시킴을 확인하여 선행 연구와 유사한 결과를 얻었다. 한편, 앞의 실험 결과에서 미백제는 탈회에 영향을 미치지 않는 것으로 나타났으므로 불소 사용 후 탈회량의 감소는 백색 병소 탈회에 대한 재광화로 해석할 수 있다. 일반적으로 진료실 미백 치료시 불소 도포를 함께 행하는 경우가 많은데 재광화 제제의 사용은 손상된 치아의 회복 측면에서도 합리적인 치료라고 볼 수 있다.

백색 병소가 있는 법랑질에 15% H_2O_2 미백 처치를 하였을 때 건전 법랑질과 백색 병소의 색조 차이를 줄여 심미성 개선에 효과가 있음을 확인하였다. 백색 병소에 H_2O_2 미백 처치시 치아 탈회는 관련이 없는 것으로 나타났다. 그러나 미백 처치시 불소 도포를 하면 재광화 효과로 인해 미백 이전보다 탈회량을 감소시켰다. 따라서 진료실에서 실행하는 백색 병소 치료의 여러 가지 방법 중 15% H_2O_2 미백 처치는 심미성 개선에 효과적이면서 치아에 위해한 영향을 적게 하는 치료 옵션이 될 수 있다. 더불어 미백 처치 후의 불소 도포는 탈회된 치아를 재광화 시키므로 함께 시행하는 것이 바람직하다.

본 연구는 in-vitro study로서 2주 동안 인공 백색 병소를 형성하였기 때문에 구강 내에서 형성되는 백색 병소 중 오랜 시간에 걸쳐 재광화가 완료된 백색 병소는 재현하지 못했다. 정지된 백색 병소에 미백 처치를 하였을 때 불소 제제 적용의 효과에 대한 후속 연구가 더 필요할 것으로 보인다. 그리고 미백 처치 전 불소 제제를 예방적으로 적용하였을 때 미백 효과의 차이나 탈회 치아 재광화 효과를 비교하는 후속 연구가 필요할 것으로 사료된다.

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

결 론

본 연구는 법랑질 백색 병소가 있는 치아에 미백이 심미성 개선을 위한 적절한 치료 방법인지 평가하고 미백제가 치아에 미치는 영향과 불소 사용시의 효과를 치아 탈회 측면에서 관찰하였다. 건전한 법랑질과 백색 병소에 각각 15% H_2O_2와 35% H_2O_2 미백 처치를 시행하고, 불소 재광화 제제를 도포한 결과 다음과 같은 결과를 얻었다.

1. 15% H_2O_2 미백 처치로 백색 병소(ΔE=9.78)와 건전 치아(ΔE=7.31)의 색조 차이를 감소시켰다($p<0.05$).
2. 15% H_2O_2, 35% H_2O_2 미백 처치 모두 치아 탈회에 큰 영향을 미치지 않았다.
3. 15% H_2O_2 미백 처치시에는 백색 병소에서, 35% H_2O_2 미백 처치시에는 건전 치아에서 유의한 차이가 있었다($p<0.05$).
4. 15% H_2O_2 미백 처치시 탈회량이 미량 감소하고, 35% H_2O_2 미백 처치시 탈회량이 미량 증가하였으나 유의하지 않았다($p>0.05$).
5. 15%와 35% H_2O_2 미백 처치 후에 불소 도포를 한 경우 탈회량의 감소가 유의하였다($p<0.05$).

이와 같은 결과를 통하여 백색 병소가 있는 법랑질에 적절한 농도의 미백 처치 후 불소도포는 심미성을 개선하면서 치아에 유해한 영향을 줄이는 데 효과적임을 확인하였다.

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

참 고 문 헌

1. Fejerskov O, Kidd E. Dental caries: The disease and its clinical management. 7th ed. Copenhagen, Denmark: Blackwell Munksgaard; 2003:101.
2. Ogaard B, Rolla G, Arends J, Ten Gate JM. Orthodontic appliances and enamel demineralization: part 2. Prevention and treatment of lesions. Am J Orthod Dentofacial Orthop. 1998;94:123-8.
3. Gorelick L, Geiger AM, Gwinnett AJ. Incidence of white spot formation after bonding and banding. Am J Orthod. 1982;81:93-8.
4. Knösel M, Attin R, Becker K, Attin T. External bleaching effect on the color and luminosity of inactive white-spot lesions after fixed orthodontic appliances. Angle Orthod. 2007;77:646-52.
5. Joiner A. The bleaching of teeth: a review of the literature. J Dent. 2006 Aug;34(7):412-9.
6. Eimar H, Siciliano R, Abdallah MN, et al. Hydrogen peroxide whitens teeth by oxidizing the organic structure. J Dent. 2012 Dec;40 Suppl 2:e25-33.
7. Joiner A. Review of the effects of peroxide on enamel and dentine properties. J Dent. 2007 Dec;35(12):889-96.
8. Dahl JE, Pallesen U. Tooth bleaching--a critical review of the biological aspects. Crit Rev Oral Biol Med. 2003;14(4):292-304.
9. Attin T, Kielbassa AM, Schwanenberg M, Hellwig E. Effect of fluoride treatment on remineralization of bleached enamel. J Oral Rehabil. 1997 Apr;24(4):282-6.
10. Haywood VB, Caughman WF, Frazier KB, Myers ML. Tray delivery of potassium nitrate-fluoride to reduce bleaching sensitivity. Quintessence Int. 2001 Feb;32(2):105-9.
11. Martin JM et al. Effect of fluoride therapies on the surface roughness

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

of human enamel exposed to bleaching agents. Quintessence Int. 2010 Jan;41(1):71-8.

12. CIE publication. CIE Colomerimetry. 2nd ed. Paris: Central Bureau of the CIE, 1986: No 15.2.
13. Dozić A, Kleverlaan CJ, El-Zohairy A, Feilzer AJ, Khashayar G. Performance of five commercially available tooth color-measuring devices. J Prosthodont. 2007 Mar-Apr;16(2):93-100.
14. CIE(Commission Internationale de l'Eclairage). Recommendations on Uniform Color Terms. Paris: Bureau Central de la CIE, 1978;1-21.
15. Pretty IA, Edgar WM, Higham SM. The use of QLF to quantify in vitro whitening in a product testing model. Br Dent J. 2001 Nov 24;191(10):566-9.
16. Featherstone JD, Rodgers BE. Effect of Acetic, Lactic and other Organic Acids on the Formation of Artificial Carious Lesions, Caries Res. 1981;15(5):377-85.
17. Lee ES, Kang SM, Kim E, Kwon HK, et al. Inhibitory effects of several commercial oral rinses on Streptococcus mutans biofilm formation. Journal of Korean Academy of Oral Health. 2011 35;289-296.
18. Johnston WM, Kao EC. Assessment of appearance match by visual observation and clinical colorimetry. J Dent Res. 1989 May;68(5):819-22.
19. Knösel M, Attin R, Becker K, Attin T. External bleaching effect on the color and luminosity of inactive white-spot lesions after fixed orthodontic appliances., Angle Orthod. 2007 Jul;77(4):646-52.
20. McLaren K. Colour space, colour scales and colour difference. In: McDonald R, editor. Colour physics for industry. Huddersfield: H Charlesworth & Co. Ltd.; 1987:97 - 115.
21. Sulieman M, Addy M, MacDonal E, Rees JS. The effect of hydrogen peroxide concentration on the outcome of tooth whitening: an in vitro study. J Dent. 2004 May;32(4):295-9.

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

22. Leonard RH, Sharma A, Haywood VB. Use of different concentrations of carbamide peroxide for bleaching teeth: an in vitro study. Quintessence Int. 1998 Aug;29(8):503-7.
23. Kihn PW, Barnes DM, Romberg E. Peterson K. A clinical evaluation of 10 percent vs. 15 percent carbamide peroxide tooth-whitening agents. J Am Dent Assoc. 2000 Oct;131(10):1478-84.
24. Oltu Ü, Gürgan S. Effects of three concentration of carbamide peroxide on the structure of enamel. Journal of Oral Rehabilitation 2000;27:332 - 40.
25. Sulieman M, Addy M, Macdonald E, Rees JS. A safety study in vitro for the effects of an in-office bleaching system on the integrity of enamel and dentine. J Dent. 2004 Sep;32(7):581-90.
26. Martin JM, de Almeida JB, Rosa EA, Soares P, et al. Effect of fluoride therapies on the surface roughness of human enamel exposed to bleaching agents. Quintessence Int. 2010 Jan;41(1):71-8.
27. Kemaloğlu H, Tezel H, Ergücü Z. Does post-bleaching fluoridation affect the further demineralization of bleached enamel? An in vitro study. BMC Oral Health. 2014 Sep 6;14:113.

Collection @ chosun