

광활성 유무가 치아미백과 치아표면 및 치수 내 온도에 미치는 영향

심연수 · 우희선¹

선문대학교 치위생학과 · ¹수원여자대학교 치위생과

Tooth bleaching effect by light activation on the tooth surface and intra-pulpal temperature: an in vitro study

Youn-Soo Shim · Hee-Sun Woo¹

Department of Dental Hygiene, Sunmoon University · ¹Department of Dental Hygiene, Suwon Woman College

Received : 17 April, 2014
Revised : 21 July, 2014
Accepted : 11 August, 2014

Corresponding Author

Youn-Soo Shim
Department of Dental Hygiene
Sunmoon University
70 Sunmoon-ro, Tangjeong-myeon
Asan-si, Chungnam 336-708, Korea.
Tel : + 82-41-530-2740
+ 82-10-3404-2171
Fax : + 82-41-530-2726
E-mail : shim-21@hanmail.net

ABSTRACT

Objectives : The purpose of this study was to investigate of the color change, tooth surface and intra-pulpal temperature of tooth bleaching by light activation

Methods : Forty-eight extracted bovine teeth were immersed into a tea solution for 24 hours. The specimens were randomly divided into four groups(n=15):(G1) 15% HP + without light activation, (G2) 15% HP + light activation, (G3) 25% HP + without light activation, (G4) 25% HP + light activation. All specimens were bleached for 15 minutes three times. The spectrophotometer (CM-2600d, Konica Minolta, Osaka, Japan) was used including before bleaching, immediately after bleaching, 1 week, 1 and 3 months after the end of bleaching. The temperature rise were measured in the pulpal chamber and tooth surface with a digital thermocouple thermometer(Tempopar Digital Multimeter, Tektronix DMM916, USA). Between the tested time points, the specimens were stored in distilled water. The data were analyzed by ANOVA, t-test and Tukey's post hoc test set at 0.05.

Results : There was no significant color change by the use of light after the bleaching treatment(p>0.05). The dental bleaching treatments of teeth with 15% HP and 25% HP did not seem to be more effective when light source was used. There was no difference in color stability between groups within three month(p>0.05). There was an increase in tooth surface and pulp temperature, but it was not sufficient to cause damage to the pulp.

Conclusions :The use of light activation has no obvious effective impact on the tooth bleaching effect.

Key Words : intra-pulpal temperatures, light activation, tooth bleaching

색인 : 광활성, 치수 내 온도, 치아미백

서론

치아미백은 1877년 옥살산(oxalic acid)을 이용하여 시행된 이후 경제발전과 함께 아름다운 치아와 미소에 대한 욕구의 증가로 기술이 대중화되었다. 이에 따라 미백 제품과 술식이

급진적으로 발전하였다. 또한 실활치와 생활치를 위한 미백 방법이 다양해지면서 미백제품에 대한 효과성이 알려졌다¹⁻³⁾. 치아미백의 주성분은 과산화수소(hydrogen peroxide), 과산화요소(carbamide peroxide), 과불산나트륨(sodium perborate)으로 그 중에서 대표적인 주성분은 과산화수소이다.

과산화수소에 의한 치아미백 기전은 아직도 완전히 확립된 상태는 아니며, 현재까지 밝혀진 이론으로는 과산화수소에서 발생된 자유기(free radical)가 치아의 법랑질과 상아질을 통해 이동하여 치아내부에 존재하는 색소를 산화시켜 치아미백이 된다고 알려져 있다⁴⁾. 치아미백의 효과는 여러 연구에 의하면 미백제의 농도, 적용기간에 따라 색상의 차이가 있다고 하였다⁵⁾. 특히 과산화수소의 농도 증가는 많은 연구들에서 치아의 경조직 손상으로 치아의 지각과민증 증가나 잇몸에 화상을 줄 수도 있고, 미백제가 상아세관을 통하여 주위의 치주조직으로 침투하여 국소적인 염증반응으로 인한 치경부의 외흡수를 일으킬 수 있으며, 기존의 수복물에 부식이나 결합력 저하 등에 관한 부작용^{2,6)} 및 표면미세경도의 감소⁷⁾ 등의 우려가 있다고 주장하였다.

과산화수소의 농도가 저하되면 적용기간은 길어지게 되는데 이로 인해 환자는 시간에 대한 제약으로 약속 불이행, 불편감 호소, 장기간 미백제의 노출로 인한 지각 과민증이라는 부작용이 나타난다. 또한 병원에서는 진료에 소요되는 시간이 증가되어 효율성이 떨어지게 된다. 따라서 이런 단점을 보완하는 방법으로 치료에 소요되는 시간을 줄이면서 충분한 미백효과를 얻고자 하는 것이 광활성(light-activation) 미백이다. 1918년 Abbot⁸⁾에 의해 개발되었고 고강도 광조사기를 이용하여 미백을 했을 때 과산화수소의 온도가 상승되어 치아미백의 화학반응이 촉진된다고 보고하였다. 1997년 Goldstein⁹⁾은 고농도의 과산화수소에 광원을 조사하여 자가 미백과 비교하였으며, 자가 미백에 비해 효과가 빠르고 안전하다고 보고하였다. 따라서 광활성 미백은 열과 빛을 이용하는 미백으로서 이런 열과 빛은 과산화수소의 분해율을 증가시켜 활성화된 미백 분자의 방출을 가속화함으로 미백효과를 증가시킨다고 할 수 있다.

광활성 미백에 사용되는 장비는 할로겐(halogen), Light emitting diodes(LED), 플라즈마 아크(plasma arc), 레이저(laser) 등 다양한 광원을 이용한다. Tavares 등¹⁰⁾과 Davidi 등¹¹⁾의 연구에서는 광원을 이용한 경우 과산화수소의 화학 분해를 가속화시켜 훨씬 더 짧은 치료 기간으로 미백 효과를 볼 수 있다고 하였다. Kugel 등¹²⁾과 Luk 등¹³⁾의 연구에서도 광활성 미백이 색변화에 훨씬 효과적이라고 하였다. 하지만 다른 연구자들은 미백 치료에서 광원이 있는 것과 없는 것에 미백 효과는 차이가 없다고 하였다^{14,15)}. 이러한 미백방법은 빛과 열에 의한 자극으로 지각과민증이 증가하고, 무수치의 치관 내 미백(intracoronary bleaching) 후에 치경부 흡수현상이 나타나고, 치수 내 온도가 상승하여 치수 손상을 야기한다는 연구가 보고되고 있다⁹⁾. Nathanson과 Parra¹⁶⁾의 연구에서는 광활성 미백으로 인해 시술받은 환자의 70% 정도에서 아

프과 불편함을 느끼는 치수손상이 있다고 하여 현재는 광활성 미백에 대해 많은 연구에서 논쟁이 되고 있다.

현재 많은 치아미백제 제조사는 전문가미백에 사용되는 미백제를 제조사가 추천하는 광조사기를 이용하여 시술을 하도록 권장하는데, 실제적으로 광조사 유무에 따른 미백 효과와 치수에 영향이 있는지에 대한 연구는 미미한 실정이다. 또한 이전의 연구들은 고농도 미백제 위주로 여러 광원들을 이용하여 단기간의 미백효과를 보거나, 고농도 미백제와 저농도 미백제의 도포횟수에 따른 미백효과만을 연구한 논문이 대다수이다. 현재 식약청에서는 전문가미백의 경우 과산화수소 농도를 15%, 자가미백은 과산화수소 15%로 고시하고 있고, 외국의 경우는 38% 과산화수소 농도까지 허용되고 있다.

본 연구는 15%와 25%의 과산화수소를 함유한 전문가용 치아미백제를 이용하여 제조사가 권장하는 할로겐 광조사기를 이용하여 광조사 사용여부에 따른 치아 미백 효과를 1개월, 3개월 후까지 측정하고, 치아 표면 및 치수 내 온도 변화를 평가하고자 하였다.

연구방법

1. 연구재료

15%와 25%의 다른 농도의 과산화수소를 함유한 전문가용 치아미백제(Zoom2 white gel, Discus Dental, Culver City, CA, USA)와 미백 광조사기(Zoom Advanced Power, Discus Dental, USA)를 이용하였다.

2. 연구방법

2.1. 시편 제작

치아의 상태가 좋은 우전치(bovine teeth) 48개를 선택하여 치아표면에 부착된 조직 잔사와 외인성 착색물을 제거하였다. 치아를 백악법랑경계부 하방 5 mm에서 절단 한 후 K-file 과 gate glidden bur를 이용하여 발수하고 세척하여 치아표면과 치수 내 온도 측정 시 치수강에 열전대(thermocouple)를 부착할 수 있도록 하였다. 치아변색은 Sulieman 등¹⁷⁾의 시편 변색 방법으로 하였다. 증류수 100 ml을 80℃로 가열한 후 black tea(Marks and Spencer Tea Extra Strong, Marks and Spencer, UK)를 10시간 동안 담가 우린 후 disposable syringe filter unit에 거른 후 식힌다. 이 용액에 시편을 24시간 동안 침적 후 시편을 꺼내어 증류수로 세척하였다. 최종 연마 후 시편을 증류수로 세척 후 다시 초음파를 이용하여 세척하였다. 총 48개의 시편을 4개 군으로 나누고 시편을 각각 12개씩 분류하였다. 치아를 미백하기 전 치아미백제가 치아표면에

균일하게 유지되면서 미백제가 흘러 내려가지 않도록 하기 위해서 Coelho 등¹⁸⁾의 연구에서와 같은 방법으로 1 mm 직경 교정용 wire를 6 mm 길이가 되도록 자른 후, 모든 시편의 법랑질 표면에 순간접착제를 이용하여 직사각형이 되도록 접착하였다. 15% 과산화수소를 이용하여 광활성 미백을 하지 않은 시편 12개는 Group 1(G1), 15% 과산화수소를 이용하여 광활성 미백을 한 시편 12개는 Group 2(G2), 25% 과산화수소를 이용하여 광활성 미백을 하지 않은 시편 12개는 Group 3(G3), 25% 과산화수소를 이용하여 광활성 미백을 한 시편 12개는 Group 4(G4)로 분류하였다. 모든 시편은 측정시간을 제외한 모든 시간에는 증류수에 담가 놓았다.

2.2. 치아 미백 및 광조사

치아미백제는 제조사의 지시에 따라 시행하였으며 이 연구의 진행과정은 <Fig. 1>과 같다. 광조사 비실시군은 미백제를 2 mm 두께로 도포하고 빛이 없는 암실에 15분 간 보관 후 미백제를 제거하였으며, 이 과정을 2회 더 추가하여 회당 15분 간 총 3회로 45분간 실시하였다. 광조사 실시군은 미백제를 2 mm 두께로 도포하고 광조사기를 적용하여 15분간 광조사 후 미백제를 제거하였으며, 이 과정을 2회 더 추가하여 회당 15분 간 총 3회로 45분간 실시하였다. 이 연구에서 사용된 광원은 short-arc halide lamp이며 400~605 nm, 25 W 범위를 가진다.

2.3. 색 측정

색 측정을 위해 분광분석기(Color-Eye 7000A, GretagMachbeth, USA)를 이용하였고 미백 전, 미백 후 1일, 1주일, 1개월, 그리고 3개월에 측정하였다. 치아는 색 측정 시 균일한 측정을 위해 부위를 표시해 두고 측정하였다. 치아 표면을 증류수로 세척한 후 건조한 다음 SCI(specular component included) mode와 표준 광원 D65 조건에서 측정부의 지름 4mm에 가능한 시편의 중앙을 향하도록 하여 시편에 긴밀히 접촉시켜 각 3회 측정하였고, 평균값을 그 치아의 CIE L*a*b* 값으로

선택하였다. 본 연구에서 적용한 CIE L*a*b* 표색계는 측색으로 얻어진 값을 표시하는 방법으로 CIE(국제조명연구회)에서 1976년 규정한 것이다. L* 값은 0에서 100까지의 범위로 물체에 대한 명도를 나타내는 입체 좌표로서, 0은 완전한 검은색을 의미하고, 100은 백색으로 명도를 나타낸다. a*와 b*는 채도를 나타내며, a* 값은 적색(+a*)과 녹색(-a*)의 정도이며, b* 값은 황색(+b*)과 청색(-b*)의 정도를 의미한다. 색 변화를 알아보기 위하여 색 변화량(ΔE*)을 아래의 공식을 이용하여 환산하였다.

$$\Delta E^* = \{ (\Delta L^*)^2 + (\Delta a^*)^2 + (\Delta b^*)^2 \}^{1/2}$$

2.4. 치아 표면 온도 및 치수 내 온도 측정

Digital Thermocouple Thermometer(Termopar Digital Multimeter, Tektronix DMM916, USA)를 미백 할 법랑질 표면과 치수강 내에 부착하여 미백 후 치수 내 온도를 측정하였다.

2.5. 통계 분석

모든 자료의 분석은 통계분석용 소프트웨어인 SPSS(SPSS 14.0 for Window, SPSS Inc, Chicago, USA)를 이용하였다. 각 군의 시간경과에 따른 색과 온도변화의 유의성 검증은 반복 측정자료의 분산분석법(repeated measures ANOVA), 미백 전과 미백 후의 색변화는 종속표본 t 검증(paired-sample T test)을 실시하였다. 각 시점에서 광원 적용에 따른 차이는 일변량 분산분석법(one-way ANOVA)으로 분석하였다. 군간 유의한 차이가 있을 경우 Tukey multiple comparisons test(p=0.05)로 검정하였다.

연구결과

1. 색 측정

미백 전과 미백 후 1일, 1주일, 1개월, 3개월 시점의 색차계

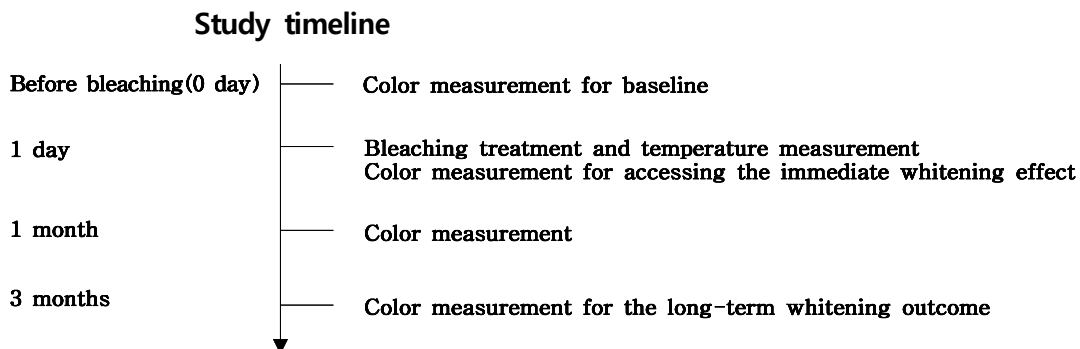


Fig. 1. Flow chart of the study procedures and measurements

Table 1. Color change in relation to time and instrumental evaluation

Unit : Mean±SD

| Color parameters | Evaluation periods | | | | p ² |
|-----------------------|--------------------|-------------------|----------|----------|----------------|
| | 1 day | 1 week | 1-month | 3-months | |
| ΔL^* | | | | | |
| 15% HP + no light(G1) | 3.43±1.7 | 3.66±1.7 | 3.29±2.6 | 3.20±2.1 | 0.24 |
| 15% HP + light(G2) | 3.54±0.9 | 3.74±0.9 | 3.45±1.9 | 3.33±1.4 | 0.62 |
| 25% HP + no light(G3) | 3.78±1.2 | 3.95±1.2 | 3.68±0.9 | 3.62±0.9 | 0.12 |
| 25% HP + light(G4) | 3.84±0.7 | 4.19±0.7 | 3.74±0.9 | 3.55±0.9 | 0.08 |
| p ¹ | 0.13 | 0.22 | 0.26 | 0.57 | |
| ΔE^* | | | | | |
| 15% HP + no light(G1) | 3.29±1.5 | 3.95±1.5 | 3.96±0.6 | 3.87±0.4 | 0.44 |
| 15% HP + light(G2) | 3.79±1.8 | 4.32±1.8 | 4.51±0.8 | 4.21±1.6 | 0.75 |
| 25% HP + no light(G3) | 4.48±1.1 | 4.93±1.1 | 4.85±1.3 | 4.63±1.5 | 0.68 |
| 25% HP + light(G4) | 4.66±1.4 | 5.02±1.4 | 4.99±0.7 | 4.77±0.9 | 0.59 |
| p ¹ | 0.04 [†] | 0.03 [†] | 0.29 | 0.30 | |

 ΔL^* : value of lightness ΔE^* : total color differencep¹: between groupp²: after bleaching-3 months

†p<0.05

값은 <Table 1>과 같다. 미백 전 색 값은 Δ 값을 나타낼 수 없기에 미백 후 1일부터 표기하였다. 모든 군에서 미백 후 1일과 3개월 시점을 비교해 보면 모든 군에서 ΔL^* 값과 ΔE^* 값이 증가하여 전체적으로 색조변화가 관찰되었다. 미백 후 1일과 3개월의 색조를 분석해 보면 ΔE^* 값은 통계적으로 유의한 차이를 보이지 않았다(p>0.05). 25% 과산화수소 함유 미백제가 15% 과산화수소 함유 미백제보다 미백 후 1일과 1주일까지는 색조 변화가 컸으나(p<0.05), 1개월 이후부터 3개월간 변화에서는 유의한 차이가 없었다(p>0.05). 광조사기 사용이 색조개선에 미치는 차이는 통계적으로 유의한 차이는 보이지 않았다(p>0.05).

2. 치아 표면 온도 및 치수 내 온도 측정

15%와 25%의 과산화수소를 함유한 치아미백제를 이용하여 치아 미백에 따른 법랑질 표면 온도 및 치수 내 온도 변화는 다음과 같다<Table 2>. 미백 후 법랑질 표면 온도는 G1에서 0.79 ± 0.26, G2는 0.84 ± 0.88, G3는 0.88 ± 0.60, G4는 0.97 ± 0.34로 광조사를 한 G2와 G4에서 약간 높았으나, 통계

적으로 유의한 차이를 보이지 않았다(p>0.05). 치수 내 온도 변화를 보면 G1은 0.35 ± 0.15, G2는 0.47 ± 0.27, G3는 0.49 ± 0.14, G4는 0.53 ± 0.52로 광조사를 한 G2와 G4에서 약간 높았으나, 통계적으로 유의한 차이를 보이지 않았다(p>0.05).

총괄 및 고안

광활성 미백은 치아미백제의 과산화수소 활성을 촉진하여 미백효과와 진료시간 단축이라는 장점을 가져 현재 많은 치아미백제 및 광조사기 회사에서 전문가 미백 시 광활성 미백을 추천하고 있다. 광활성 미백에 대해서는 미백제의 종류, 미백제의 pH, 광원, 미백제 농도, 미백 기간, 측정방법, 시술 방법을 달리 한 많은 연구가 이루어지고 있으며 그에 따른 연구 결과가 다양하게 제시되고 있는 실정이다.

많은 실험연구에서 우전치(bovine teeth)를 시편으로 사용하고 있어 본 연구에서는 우전치를 시편으로 이용하였다. 우전치를 사용하는 이유로는 사람의 치아를 사용함에 있어서 갖 받치된 치아를 구하기 어렵고, 다양한 치아를 사용할 때

Table 2. Mean of tooth surface and intrapulpal temperature values(°C) in the groups

Unit : Mean±SD

| Group | Surface temperature | Pulpal temperature |
|-----------------------|---------------------|--------------------|
| 15% HP + no light(G1) | 0.79±0.26 | 0.35±0.15 |
| 15% HP + light(G2) | 0.84±0.88 | 0.47±0.27 |
| 25% HP + no light(G3) | 0.88±0.60 | 0.49±0.14 |
| 25% HP + light(G4) | 0.97±0.34 | 0.53±0.52 |
| p | 0.32 | 0.24 |

측정값의 오차를 가질 수 있으며, 한 치아 당 사용할 수 있는 치아의 크기가 작은 반면에, 우전치는 손쉽게 구할 수 있고, 동일한 규격으로 표준화가 쉬우며, 치아의 크기가 커서 대조군과 실험군의 시편을 동시에 얻을 수 있는 장점이 있다. 색차 값은 현재 많은 연구에서 다루는 분광광도계를 사용하여 모두 동일한 조건에서 측정하였다. ΔL^* 값과 ΔE^* 값의 증가는 치아미백을 나타내는데 중요한 인자로서, 본 연구 결과 미백 전에 비해 미백 후 모든 군에서 증가하였고, 미백 1개월에서는 ΔL^* 값과 ΔE^* 값이 가장 큰 값을 보였다. 미백 3개월 후 ΔE^* 값을 보면, 15% 과산화수소를 이용하여 광활성 미백 미 실시군(G1)은 3.87 ± 0.4 , 광활성 미백 실시군(G2)은 4.21 ± 1.6 으로 광활성 미백을 했을 때 약간 높은 값을 보였으나 통계적으로는 유의하지 않았다. 25% 과산화수소를 이용하여 광활성 미 실시군(G3)은 4.63 ± 1.5 , 광활성 미백 실시군(G4)은 4.77 ± 0.9 로 두 군 모두 값이 비슷하게 나타났다(Table 1). 따라서 광조사기를 사용한 군에서 ΔE^* 값이 약간 높게 나타났으나 통계적으로 유의한 차이가 나지 않아 광조사 유무에 따른 색조 변화에는 별 차이가 없었다($p < 0.05$). Shotwell 등¹⁹)의 연구에서는 미백의 효과를 ΔE^* 값이 3.7 이상인 경우 육안으로 판별이 가능할 정도의 색조 차이를 가진다고 하였다. 본 연구에서는 ΔE^* 값이 3.8~4.7의 범위로 모든 군에서 색변화를 보였다고 할 수 있다. Ziemba 등²⁰)은 1주에서 4주간 미백 효과를 연구한 결과에서 일반 미백보다는 광활성 미백에서 유의한 정도로 많은 색 변화를 보였다고 하였다. 하지만 Liang 등²¹)의 연구에서는 광조사를 한 미백에서는 열이 발생하여 탈수효과와 건조가 동시에 나타나기 때문에 단기간의 미백에는 미백효과가 있으나, 시간이 지남에 따라 색조 회귀현상이 나타나 결론적으로 광조사 유무에 색조 차이가 없다고 보고하였다. Hahn 등²²)의 연구에는 3개월 동안 색조 변화를 관찰 한 결과 광원 유무에 차이가 없다고 하여 본 연구와 유사한 결과를 보였다. Ontiveros와 Paravina²³)의 연구에서 과산화수소는 365 nm 또는 그 이하의 파장에서 광분해되며, 본 연구에서 사용한 25% 과산화수소를 함유한 미백제를 광조사 한 경우 기존보다 효과적인 미백효과가 관찰되었다고 보고하였지만, 본 연구에서는 광조사로 인한 개선효과는 나타나지 않았다. 광조사로 인한 산화작용으로 고농도에서 라디칼 생성이 증가하더라도 실제로 미백제의 사용량과 연관성에 대한 연구는 추후에 필요할 것이다. 빛이나 열을 이용하는 전문가 미백의 문제점으로 탈수현상이 일어나기 때문에 실제 색조가 개선된 정도를 예측하기 곤란하며, 시간이 지나면서 더 큰 색조 회귀현상이 일어난다고 하였다²⁴). 따라서 본 연구에서는 미백 기간 동안 치아 표면 건조로 즉시 치아 밝기가 증가하기 때문에 미백 이외 시간 동안은 Hahn 등²²)의 연구에

서와 같이 치아 시편을 증류수에 완전히 담가서 보관하였다. Jones 등²⁵)은 미백제가 저농도 보다는 고농도의 미백에서 더 효과적이라고 보고하였다. 본 연구에서는 15%와 25% 과산화수소의 미백효과가 미백 후 1일과 1개월에서는 통계적으로 유의한 차이가 있으나, 3개월 시점에서는 뚜렷한 색조 회귀현상은 없었고, 3개월까지의 결과에서는 사용된 2가지 다른 농도의 미백제는 색조가 비교적 안정적으로 유지되는 것을 볼 수 있었다. 이유로는 25% 과산화수소 함유 미백제는 미백 직후 과산화수소 농도가 높아 산화작용의 활성도가 잘 되어 ΔE^* 값이 증가하였으나, 시간이 지남에 따라 b^* 값이 더 증가하면서 ΔE^* 값이 다소 감소한 양상이라고 볼 수 있다. 따라서 전문가 미백 시술 시 잘못된 인식으로 무조건 고농도를 선택하는 것은 단기적 효과가 있으나, 장기적인 미백 효과에서는 큰 차이가 없음을 알 수 있다. 실제 색조 변화는 미백시술 후 2~6주까지 분명하지 않다고 하여²⁶) 본 연구에서는 3개월로 색 안정성을 평가하였다. 빛과 열을 이용한 미백은 과산화수소로부터 활성산소를 촉진하여 미백이 빠르게 이뤄진다고 하지만 많은 연구에서는 여전히 논쟁이 되고 있다. 치아 미백은 단순히 치아 색 변화를 위한 것만이 아니라 치수에도 안전해야 한다. 본 연구에서 미백 후 법랑질 표면과 치수온도를 보면, 모든 군에서 1도 미만의 온도변화를 가졌고, 광조사를 한 경우에서 약간 높았으나, 통계적으로 유의한 차이는 보이지 않았다(Table 2)($p > 0.05$). 미백효과와 진료시간의 단축을 위해 빛과 열을 사용하는 기법은 치아표면에 과산화물의 온도를 상승시켜 산화반응을 촉진하는 것으로 법랑질에서 상아질로 온도 상승을 일으켜 치수 내 혈관 확장으로 인한 슬 후 과민증과 치수내 온도 상승으로 인한 치수 손상을 유발시킨다. 따라서 고농도의 미백제를 이용한 광활성 미백은 주의가 필요하다. 과산화물은 분자량이 매우 작아 쉽게 법랑질에서 상아질과 치수를 통과하기 때문에 온도 또한 법랑질 표면에서 치수로 도달하기 때문에 치수 온도가 중요하다²⁷). 본 연구에서는 광조사에도 탈수효과가 적어 색조회귀현상도 더디게 이어진 것은 광조사로 인한 온도상승이 크지 않았기 때문으로 보여진다. Liang 등²¹)은 미백 과정에서 치아 표면의 온도 증가는 치수의 온도 상승과 관련이 있다고 하였다. 지금까지 미백제에 따른 치수온도의 대표적인 연구로는 Zach와 Cohen²⁸)의 연구로서 치수 내 온도가 5.5°C 정도 상승하면 회복 불가능한 치수 손상을 일으킨다고 하였다. Coelho 등¹⁸)은 고농도(35% 과산화요소, 38% 과산화수소)의 농도를 이용한 미백에서 광조사기를 이용한 경우 이용하지 않은 것에 비해 치수 온도가 증가하였으나, 치수손상을 야기하는 5.5°C 이상은 증가하지 않았다고 하였다. Eldeniz 등²⁹)은 연구에서 광활성 미백을 하는 동안 치수의 온도는 상승하였고, 온도

상승은 미백에 사용된 광중합장비(light curing unit)나 광원에 따라 치수온도 변화의 차이가 있으며, 그 중에서 diode laser는 치수강에서 11.7°C 정도의 가장 높은 온도 상승을 보였다고 하였다. Ontiveros와 Paravina²³⁾는 25% 과산화수소를 함유한 치아미백제를 이용하여 광조사로 미백한 경우 지각과민증이 유의하게 증가하였다고 하여, 추 후 임상 연구를 통해 광원 적용 여부에 따른 색과 지각과민 정도의 평가가 이루어져야 하겠다.

본 연구에서 사용한 15%와 25%의 과산화수소 함유 미백제는 고농도의 전문가 치아미백제로서 제조사에서는 권장하는 광조사기를 이용한 광활성 미백을 추천하고 있다. 다양한 광중합기 중에 본 연구에서 사용한 광중합기는 철 이온의 산화/환원에 의한 photo-fenton 반응으로 미백 효율을 더 높일 수 있다고 하였다. 그러나, 본 연구에서 미백 후 3개월간의 색조 안정성에서는 광활성 유무에 따른 치아미백은 색조 변화에서 광조사기 사용 유무에 따른 차이가 없으며, 치아 표면 및 치수의 온도 변화에서는 광활성 여부에 따른 온도 변화를 보이지 않는 결과를 보였다. 현재 국내에서 전문가용 치아미백제를 이용한 미백이 많이 시술되고 있으나, 위와 같은 연구가 많이 이루어지지 못한 실정에서 이 연구는 의의가 있다고 할 수 있다. 이 연구의 한계점으로는 구강 내 상황을 완전히 재현하는데 한계가 있어 추 후 임상 연구로서 다양한 과산화수소 농도의 광활성 미백과 광조사기에 따른 치아 색조의 안정성 및 지각과민에 대한 추가적인 연구가 필요할 것으로 사료된다.

결론

본 연구는 15%와 25%의 과산화수소를 함유한 치아미백제를 이용하여 광조사 사용여부에 따른 치아 미백 효과와 치아 표면 및 치수 내 온도 변화를 평가하고자 하였다. 48개의 우전치를 이용하여 black tea에 24시간 동안 침적하여 변색시켰고, 15% 과산화수소를 이용하여 광활성 미백을 하지 않은 시편 12개는 Group 1(G1), 15% 과산화수소를 이용하여 광활성 미백을 한 시편 12개는 Group 2(G2), 25% 과산화수소를 이용하여 광활성 미백을 하지 않은 시편 12개는 Group 3(G3), 25% 과산화수소를 이용하여 광활성 미백을 한 시편 12개는 Group 4(G4)로 분류하였다. 색 측정은 미백 처리 전, 미백 후(1일, 1주일, 1개월, 그리고 3개월에 측정하였고, 치아 표면 및 치수온도 변화는 미백 후 측정하여 다음과 같은 결론을 얻었다.

모든 군에서 미백 전에 비해 미백 후 색조변화를 보였고 ($p < 0.05$), 치아미백 후 색조변화에서는 광활성 여부에 따른 색 차이가 통계적으로 유의하지 않았다($p > 0.05$). 15%와 25%

의 과산화수소를 함유한 치아미백제를 이용한 색변화에서 광활성 미백이 확연한 색 차이를 보이지 않았고, 3개월 동안의 색 안정성에도 광원을 이용하지 않는 미백과 비교하였을 때 차이가 없었다($p > 0.05$). 치아 미백 후 치아 표면 및 치수 내 온도는 약간 증가하였으나 1°C 미만으로 치수에 위해를 줄 정도의 온도 상승은 나타나지 않았다. 따라서 치아미백에 있어서 미백 효과와 치아 표면 및 치수 내 온도 변화는 광조사기 사용여부에 관계없이 차이를 보이지 않았다.

References

1. Liebenberg W. Another white lie?. *J Esthet Restor Dent* 2006; 18(3): 155-60.
2. de Freitas PM, Basting RT, Rodrigues JA, Serra MC. Effects of two 10% peroxide carbamide bleaching gents on dentin microhardness at different time intervals. *Quintessence Int* 2002; 33(5): 370-75.
3. Ahn JH, Kim JH, Kim JH, Jang JH, Oh YJ, Park YD. Tooth whitening effect of toothpaste containing hydrogen peroxide. *J Korean Soc Dent Hyg* 2014; 14(1): 101-08.
4. Nathoo SA. The chemistry and mechanisms of extrinsic and intrinsic discoloration. *J Am Dent Assoc* 1997; 128(S): 6-10.
5. Attin T, Kielbassa AM, Schwanenberg M, Hellwig E. Effect of fluoride treatment on remineralization of bleached enamel. *J Oral Rehabil* 1997; 24(4): 282-6.
6. Joiner A. Review of the effects of peroxide on enamel and dentine properties. *J Dent* 2007; 35(12): 889-96.
7. Shim YS, Choi WY. The effect of fluoride and casein phosphopeptide-amorphous calcium phosphate(CPP-ACP) application on the color and microhardness of bleached enamel. *J Korean Soc Dent Hyg* 2010; 10(3): 473-81.
8. Abbot CH. Bleaching discoloured teeth by means of 30% perhydrol and the electric light rays. *J Allied Dent Soc* 1918; 13: 259-62.
9. Goldstein RE. In-office bleaching: where we came from, where we are today. *J Am Dent Assoc* 1997; 128(S): 11-15.
10. Tavares MI, Stultz J, Newman M, Smith V, Kent R, Carpino E, et al. Light augments tooth whitening with peroxide. *J Am Dent Assoc* 2003; 134(2): 167-75.
11. Davidi MPI, Hadad A, Weiss EI, Domb A, Mizrahi B, Sterer N. The effect of a mild increase in temperature on tooth bleaching. *Quintessence Int* 2008; 39(9): 771-75.
12. Kugel G, Ferreira S, Sharma S, Barker ML, Gerlach RW. Clinical trial assessing light enhancement of in-office tooth whitening. *J Esthet Restor Dent* 2009; 21(5): 336-47. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1708-8240.2009.00287.x>.
13. Luk K, Tam L, Hubert M. Effect of light energy on peroxide

- tooth bleaching. *J Am Dent Assoc* 2004; 135(2): 194-01.
14. Hein DK1, Ploeger BJ, Hartup JK, Wagstaff RS, Palmer TM, Hansen LD. In-office vital tooth bleaching—what do lights add?. *Compend Contin Educ Dent* 2003; 24(4A): 340-52.
 15. Marson FC, Sensi LG, Vieira LC, Araújo E. Clinical evaluation of in-office dental bleaching treatments with and without the use of light-activation sources. *Oper Dent* 2008; 33: 15-22.
 16. Nathanson D, Parra C. Bleaching vital teeth: a review and clinical study. *Compendium* 1987; 8(7): 490-97.
 17. Sulieman M, Addy M, Macdonald E, Rees JS. The bleaching depth of a 35% hydrogen peroxide based in-office product: a study in vitro. *J Dent* 2005; 33(1): 33-40.
 18. Coelho RA, Oliveira AG, Souza-Gabriel AE, Silva SR, Silva-Sousa YT, Silva RG. Ex-vivo evaluation of the intrapulpal temperature variation and fracture strength in teeth subjected to different external bleaching protocols. *Braz Dent J* 2011; 22: 32-36.
 19. Shotwell JL, Razzoog ME, Koran A. Color stability of long-term soft denture liners. *J Prosthet Dent* 1992; 68(5): 836-38.
 20. Ziembra SL, Felix H, MacDonald J, Ward M. Clinical evaluation of a novel dental whitening lamp and light-catalyzed peroxide gel. *J Clin Dent* 2005; 16(4): 123-27.
 21. Liang SI, Sa Y, Sun L, Ma X, Wang Z, Xing W, et al. Effect of halogen light irradiation on hydrogen peroxide bleaching: an *in vitro* study. *J Aust Dent* 2012; 57(3): 277-83. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1834-7819.2012.01702.x>.
 22. Hahn P, Schondelmaier N, Wolkewitz M, Altenburger MJ, Polydorou O. Efficacy of tooth bleaching with and without light activation and its effect on the pulp temperature: an in vitro study. *Odontology* 2013; 101(1): 67-74. <http://dx.doi.org/10.1007/s10266-012-0063-4>.
 23. Ontiveros JC, Paravina RD. Color change of vital teeth exposed to bleaching performed with and without supplementary light. *J Dent* 2009; 37(11): 840-7. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jdent.2009.06.015>
 24. Kugel G, Papathanasiou A, Williams AJ 3rd, Anderson C, Ferreira S. Clinical evaluation of chemical and light-activated tooth whitening systems. *Compend Contin Educ Dent* 2006; 27(1): 54-62.
 25. Jones AH, Diaz-Arnold AM, Vargas MA, Cobb DS. Colorimetric assessment of laser and home bleaching techniques. *J Esthet Dent* 1999; 11(2): 87-94.
 26. American Dental Association Council on Scientific Affairs. Tooth whitening/bleaching: treatment considerations for dentists and their patients. Chicago: ADA; 2009.
 27. Nyborg H, Brännström M. Pulp reaction to heat. *J Prosthet Dent* 1968; 19(6): 605-12.
 28. Zach L, Cohen G. Pulp response to externally applied heat. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol* 1965; 19: 515-30.
 29. Eldeniz AU, Usumez A, Usumez S, Ozturk N. Pulpal temperature rise during light-activated bleaching. *J Biomed Mater Res B Appl Biomater* 2005; 72(2): 254-9.

