

치아미백 후 불소와 CPP-ACP 처리가 치아의 색과 미세경도에 미치는 영향

심연수 · 최우양¹

신흥대학 치위생과, ¹강릉영동대학 치위생과

The effect of fluoride and casein phosphopeptide-amorphous calcium phosphate (CPP-ACP) application on the color and microhardness of bleached enamel

Youn-Soo Shim · Woo-Yang Choi¹

Department of Dental Hygiene, Shin-heung college, Uijeongbu-city, Kyungki-do 480-701, Korea

¹Department of Dental Hygiene, Gangeung-yeongdong college, Kangeung-city, Kangwondo 210-792, Korea

ABSTRACT

Objectives : To evaluate the effect of fluoride application on the color and microhardness of bleached enamel and compare it to that of casein phosphopeptide-amorphous calcium phosphate (CPP-ACP) application.

Methods : Twenty freshly extracted human adult molar were each sectioned into halves, the specimens divided and treated according to five experimental groups: Group 1, treatment with 10% carbamide peroxide (CP) bleaching agent; Group 2, treatment with 10% CP followed by a 1.23% fluoride gel application; Group 3, treatment with 10% CP followed by a 2.23% sodium fluoride varnish application; Group 4, treatment with 10% CP followed by a 0.11% sodium fluoride gel application; Group 5, treatment with 10% CP followed by a CPP-ACP gel application. All groups were treated 6 h per day for 14 days then immersed in distilled water for 2 weeks. Changes in enamel color were evaluated on Baseline and Day 14. Microhardness were evaluated on Baseline, Days 7 and 14. Statistical analysis was performed using one-way ANOVA and post-hoc Tukey tests.

Results : All the bleached enamel specimens revealed increased whiteness and overall color value. Group 1 showed the lowest microhardness values than that of Groups 2, 3, 4 and 5. In all groups, the hardness of tooth after bleaching showed a significant decrease in the microhardness as compared with the one prior to tooth bleaching. The specimens treated with remineralizing agents showed relatively less reduction in enamel microhardness than control group.

Conclusions : The addition of fluoride and CPP-ACP did not impede the whitening effect. The use of remineralizing agents during bleaching treatment can significantly enhance the microhardness of bleached enamel. (J Korean Soc Dent Hygiene 2010 ; 10(3) : 475-483)

Key words : CPP-ACP, fluoride, microhardness, tooth bleaching

색인 : 미세경도, 불소, CPP-ACP, 치아미백

1. 서론

치아의 착색을 일으키는 기전은 정확하게 알려지지

않았으나 음전하를 띤 pellicle-coated enamel로 인해
치아 표면은 양이온의 선택적 흡착이 용이해진다¹⁾. 여
기에 구리, 니켈, 철 등을 함유한 색소원과 탄닌이 들어

있는 음식이나 음료 등은 음이온을 띤 pellicle-coated enamel에 달라붙어 치아의 착색을 유발시킨다. 치아미백의 기전은 착색을 일으키는 유기물을 oxide free radical의 산화작용을 통하여 분해 제거되어 치아의 색변화를 가능하게 한다는 견해가 대체로 받아들여지고 있다. 치아 미백은 초기에는 무수치 표면에 백색물질을 도포하거나 내면을 채우는 것에서부터 기원하여 1868년 생활치 미백술이 처음으로 소개되었고, 초기에 사용되는 약제는 oxalic acid를 사용하다가 Harlan에 의해 과산화수소(hydrogen peroxide, HP)가 널리 사용되기 시작하였다²⁾. 치아미백술은 생활치 미백술과 실험치 미백술로 구분할 수 있으며 생활치 미백술은 전문가 미백(Office bleaching), 자가 미백(Home bleaching)으로 나뉜다. 전문가 미백은 진료실에서 고농도(35% HP)의 미백제와 고강도 광원을 함께 사용하면서 미백제의 온도를 상승시켜 화학반응을 촉진시키는 것으로 현재 사용되고 있으며, 단시간에 높은 치아 미백효과를 얻는다는 장점이 있다. 자가 미백은 1989년 Haywood와 Heymann에 의해 처음 문헌으로 소개된 이후에 널리 사용되는 방법으로 10-15%내외의 저농도 carbamide peroxide(CP)를 이용하여 환자의 구강에 맞게 제작된 미백장치에 환자가 직접 미백제를 적용시킨다.

그러나 치아 미백술이 치질 삭제를 하지 않고 자연치 형태를 유지한다는 점에서 보철 수복보다 유리한 점과 성공 증례가 많지만 이와 더불어 임상적으로 부작용이 나타나고, 미백제가 치아에 미치는 영향에 관한 많은 연구들이 보고되고 있다. 미백 후 법랑질에서 파절 저항성과 미세경도가 감소하고 표면에 SEM 측정 시 변화가 있었다고 하였다³⁻⁵⁾. 주성분인 과산화수소는 강한 산화제로서 치아 경조직 손상으로 치아의 민감성 증가나 잇몸에 화상을 줄 수도 있고⁶⁾, 미백제가 상아세관을 통하여 주위의 치주조직으로 침투하여 국소적인 염증반응으로 인한 치경부의 외흡수⁷⁾를 일으킬 수 있으며, 기존의 수복물에 부식이나 손상에 관한 발생의 우려가 있다고 주장하였다⁸⁻¹⁰⁾. 또한 최근 연구에서는 단지 CP뿐만이 아니라, 다른 미백제 성분인 carbolpol과 glycerine에서도 미백 후 미세경도가 감소했다¹¹⁾. 치아 표면의 변화는 미백제의 성분과 pH수치에 달려있으며, 그 범위는 pH 5.5 이하의 산성일수록 법랑질의 표면 변화에 영향이 있다고 하였다^{12,13)}. 치아미백술의 가장 많

은 부작용은 지각과민증(hypersensitivity)으로 보고되고 있으며, 임상실험환자의 25-75%에서 지각과민 증상을 보였다고 한다¹⁴⁾.

지각과민증을 완화시키면서 탈회된 치면을 재광화(remineralization)시키기 위해 sodium fluoride, sodium chloride, sodium monofluorophosphate, dicalcium phosphate, strontium chloride, calcium hydroxide 등의 물질을 함유시켜 상아세관을 폐쇄하고, 치질의 재광화를 촉진하는 기전으로 지각과민증을 완화시키고 있다. 미백 후 지각과민 완화와 재광화를 위해 여러 가지 물질을 미백제에 함유시키거나 미백 전과 후의 치치에 사용하고 있다. 그 중에서 가장 대표적으로 사용되어온 물질은 불소, 칼슘, Potassium nitrate, CPP-ACP 등이 현재 재광화 치치에 이용되고 있다¹⁵⁾.

불소는 치아우식증 예방에 효과적인 물질로서, 현재 임상에서 tray를 이용하여 사용하고 있으며, 치약이나 양치액 및 APF(acidulated phosphate fluoride)젤 등의 구강위생용품에 첨가하거나, 바니쉬 형태의 불소 제제 등으로도 사용되고 있다. Potassium nitrate는 불소를 함께 사용할 때 지각과민에 효과적이며, 신경전달 차단하는 역할을 하여 치약이나 미백제에 3-5% 정도 함유되어 있다. CPP-ACP는 1990년대 중반 Reynolds에 의해 우유에서 채취한 단백질인 casein phosphopeptide를 칼슘과 인이 풍부한 무기질 물질인 amorphous calcium phosphate에 혼합한 물질을 제조하여 껌이나 구강도포용 페이스트 등으로 상품화하였고, 임상연구에서 그 효능을 보고하고 있다¹⁵⁾.

이에 본 연구에서는 치아미백 후 불소와 CPP-ACP 처리가 치아의 색과 미세경도에 미치는 영향을 평가하고자 한다.

2. 연구대상 및 방법

2.1. 실험 재료

치아 미백제는 CP를 10% 함유한 Opalescence F(Ultradent, USA)를 사용하였다. 치아는 충치나 치경부 마모 및 수복물 등이 없는 건전한 상, 하악 소, 대구치 25개로 발치 후 2주간 0.1% 티몰용액(Sigma, USA)

에 넣어 냉장 보관 되었던 치아를 선별하여 이용하였다. 이는 실체현미경 (Nikon SMZ-U, Japan)으로 관찰하였다. 치아의 협설면을 활용하기 위해 diamond disk로 치아를 각 각 5 × 5mm로 자르고 아크릴 몰드에 편평하게 포매하였다. 치아시편은 자동연마기를 사용하여 silicon carbide paper #600, #1200, #1800, #2400 순으로 주수하에서 연마하여 색변화 및 미세경도 측정할 부위의 치면이 평활하게 시편제작 하였다. 최종 연마 후 시편을 증류수와 초음파를 이용하여 세척하였다.

2.2. 치아미백

치아 시편은 무작위로 10개씩 5군으로 분류하였다. 대조군으로 1군: 10% CP, 2군: 10% CP + APF gel, 3군: 10% CP +Fluoride varnish, 4군: 10% CP + PF, 5군: 10% CP + CPP-ACP 군으로 분류하였다(Table¹⁾. 치아의 미백처리는 법랑질 표면에 미백제를 균일하게 도포하고 6시간 유지한 다음 증류수로 30초간 수세하여 잔여 미백제를 제거하고, 18시간은 인공타액에 담가 36.5℃에 보관하였다. 이러한 방법으로 미백제를 치아 표면에 14일간 처리하였다. 미백 후 불소와 CPP-ACP 도포는 임상에서 처치하는 조건에 맞추어 이루어졌다. 미백 후 APF gel은 4분간, Fluoride varnish는 10분, PF는 10분 그리고 CPP-ACP도 10분간 이뤄진 후 cotton pellet으로 제거했다.

2.3. 색 측정

치아미백 후 시편의 색 변화를 측정하였다. 색 측정은 미백 처리 전과 미백 후 14일에 실시하였다. 치아 표면을 증류수로 세척한 후 건조한 다음 색계측 분광분석기(Color-Eye 7000A, GretagMacbeth, USA)를 이용

하여 측정하였다. 표준 광원 D65 조건에서 측정부의 지름 4mm에 가능한 시편의 중앙을 향하도록 하였으며 각 3회 측정하여 평균값을 그 치아의 L* a* b* 값으로 취하였다. 국제조명위원회에서 규정한 CIE L* a* b* 측정체계를 사용하였다. CIE L* a* b* 측정값은 각 시편의 인지가능한 색 변화량을 평가할 수 있게 해준다. 밝기 즉 흰색-검은색(L), 적색-녹색(a), 황색-청색(b)의 요소를 가진 일정한 색공간이다. 색 변화를 알아보기 위하여 색 변화량(ΔE^*)을 L*, a*, b* 값으로 구하였다.

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

2.4. 표면 미세경도 측정

미백 처리 전과 미백 후 7일, 14일에 미세 경도기 (Microhardness tester type M, Schimadzu, Kyoto, Japan)를 이용하여 측정하였다. 측정부위 표면에 수직이 되게 9.087N의 하중을 5초간 가하고 형성된 다이아몬드형 압흔을 만든 후 압흔의 장축길이를 측정하였다. 측정 현미경의 배율을 400배로 하여 한 시편 당 3회씩 측정하여 평균치를 산출하였다.

2.5. 통계 분석

각 군의 시간경과에 따른 L*, a*, b* 값 및 ΔE^* 의 변화량 차이, 처리시간에 따른 경도 값의 변화는 반복 측정자료의 분산분석(repeated measures ANOVA)과 쌍체비교(paired t-test)을 사용하여 검정하였다. 또한 분산분석 결과 군간 유의한 차이가 있을 경우 Tukey multiple comparisons test로 통계 분석하였다.

표 1. Study groups and characteristics of treatment materials(n=10)

Group	Contents	Brand Name	Active ingredients	Manufacture
1	10% CP	Opalescence	10% CP	Ultradent, USA
2	10% P+APF gel	Topical APF Gel	10% CP, 1.23%F	Sultan, USA
3	10%CP+Fluoride varnish	Duraphat	10% CP, 2 .23%F	Colgate, USA
4	10% CP+PF	UltraEZ	10% CP, 3% PF, 0.11% F	Ultradent, USA
5	10%+ CPP-ACP	Tooth Mousse	10%CP+CPP-ACP	GC, Japan

3. 연구 성적

3.1. 색 측정

14일 동안 미백처리 한 모든 군의 ΔL^* , Δa^* , Δb^* 값과 색 변화량 ΔE^* 값을 나타내고 있다(표2). 모든 군의 Baseline값에서 ΔL^* , Δa^* , Δb^* 값은 통계적으로 유의한 차이가 없었다($p>0.05$).

ΔL^* , Δa^* , Δb^* 값과 색 변화량 ΔE^* 값은 대조군과 마찬가지로 미백 기간이 증가함에 따라 모든 군에서 통계적으로 유의한 차이를 보였다($p<0.05$). ΔL^* 값은 증가하였고, Δa^* 값과 Δb^* 값은 감소하였다. 색 변화량을 볼 때, 모든 실험군에서 대조군과는 통계적으로 유의한 차이가 없었다($p>0.05$).

3.2. 표면 미세경도 측정

〈표 3〉과 〈그림 1〉은 미백 전과 미백 후 7일, 14일에 측정된 비커스경도 값을 나타내었다. 미백 전 모든 군의 경도 값은 통계적으로 유의한 차이를 보이지 않았으나($p>0.05$), 미백 7일에서, 2-5군은 Baseline의 값과 비교할 때 유의한 감소를 보였고($p<0.05$), 대조군인 1군에서 가장 낮은 (332.4 VHN) 값을 나타냈다. 미백 14일에서도 모든 군에서 미세경도의 감소를 보였다($p<0.05$). 3군은 가장 높은 미세경도 값(335.3 VHN)을 보였고, 대조군은 가장 낮은(317.8 VHN) 값을 나타냈다. Paired t-test 결과 미백 전과 미백 후의 미세경도는 유의한 차이를 보였다($p<0.05$).

표 2. Mean color parameters (L^* , a^* , b^*) before and after bleaching procedure for 14 days (mean $\pm$ SD).

Group	ΔL^*	Δa^*	Δb^*	ΔE^*	p^1
1	7.4 $\pm$ 2.2	-0.2 $\pm$ 0.4	-1.4 $\pm$ 1.3 ^a	7.7 $\pm$ 1.8	<0.05
2	6.1 $\pm$ 3.1	-0.6 $\pm$ 0.9	-2.1 $\pm$ 2.1 ^b	7.1 $\pm$ 2.2	<0.05
3	7.1 $\pm$ 2.3	-0.2 $\pm$ 1.2	-1.2 $\pm$ 1.8 ^a	7.6 $\pm$ 1.4	<0.05
4	6.6 $\pm$ 2.6	-0.5 $\pm$ 0.5	-3.0 $\pm$ 2.3 ^c	7.9 $\pm$ 1.1	<0.05
5	6.2 $\pm$ 1.8	-0.4 $\pm$ 0.7	-2.0 $\pm$ 2.5 ^a	7.2 $\pm$ 2.4	<0.05
p^2	>0.05	>0.05	<0.05	>0.05	

Values are reported as the Mean $\pm$ Standard deviation

¹p-values are determined by paired t-test and denote the significance between baseline and final bleaching

²p-values are determined by one-way ANOVA

^{a,b,c}The same character are not significant by Tukey's multiple comparisons at $\alpha=0.05$

표 3. Surface microhardness of experimental groups during bleaching treatments

Group	Baseline(Day 0)	Day 7	Day 14	$p1$
1	357.5 $\pm$ 3.5 ^a	332.4 $\pm$ 2.3 ^a	317.8 $\pm$ 2.8 ^a	<0.05
2	355.6 $\pm$ 0.2 ^a	339.1 $\pm$ 3.0 ^b	324.3 $\pm$ 3.6 ^a	<0.05
3	351.5 $\pm$ 2.8 ^a	340.5 $\pm$ 3.7 ^b	335.3 $\pm$ 2.4 ^c	<0.05
4	354.2 $\pm$ 3.7 ^a	335.2 $\pm$ 0.8 ^a	330.4 $\pm$ 1.5 ^b	<0.05
5	352.8 $\pm$ 2.2 ^a	334.8 $\pm$ 1.9 ^a	332.5 $\pm$ 2.9 ^{bc}	<0.05
$p2$	>0.05	<0.05	<0.05	

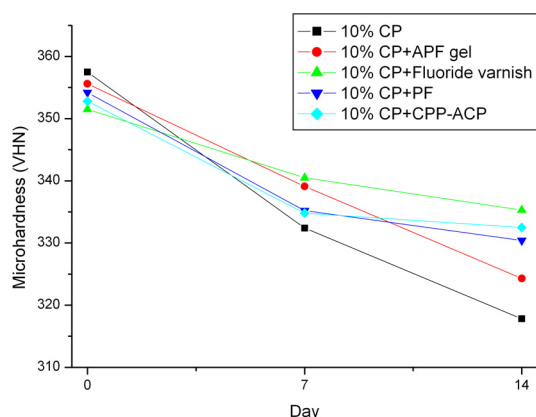
Values are reported as the Mean $\pm$ Standard deviation

¹p-values are determined by paired t-test and denote the significance between baseline and final bleaching

²p-values are determined by one-way ANOVA

^{a,b,c}The same character are not significant by Tukey's multiple comparisons at $\alpha=0.05$

그림 1. Microhardness of experimental groups during bleaching treatments.



4. 총괄 및 고안

10% CP를 이용한 자가 미백술은 편리하고 가격이 저렴하며 효과적이어서 현재 수요가 증가하고 있다. 그러나 이런 장점에도 불구하고 지각과민증과 탈회에 의한 무기질 함량 감소로 미세경도의 수치가 떨어지는 등의 문제에 대해 아직도 의견이 분분한 실정이다. 치아 미백의 HP는 분자량이 작아 쉽게 상아세관을 통해 치수까지 도달하며 신경말단을 자극하므로 지각 과민증을 유발시킨다. 지각과민의 기전 중에 hydrodynamic theory가 가장 보편적으로 받아지고 있는데, 이는 상아세관 내의 유체가 온도변화, 물리적 삼투압 변화 등으로 신경수용기를 자극하여 통증을 발생시킨다는 것이다¹⁶⁾. 이런 지각과민증을 완화시키기 위한 방법으로는 상아세관을 부분적 혹은 완전 폐쇄하여 hydrodynamic mechanism을 차단하는 것과 치수로의 신경전달을 차단하는 것이다. 치아미백 전과 후의 지각과민치치 또한 이런 과정으로 차단하고 있다.

탈회된 치면을 조직학적으로 보면, 법랑질의 표면 및 직하방 부위에서 칼슘과 인과 같은 무기질 성분이 빠져나감으로써 미세공극(micropore)이 발생하는 것이다. 그러므로 이렇게 형성된 미세공극에 상실된 칼슘과 인을 효과적으로 공급해주는 과정이 바로 재광화 치료이다. 치아표면의 미세경도 차이는 법랑질의 탈회와 재광화로 인한 무기질 함량과 관련이 있다. 법랑질 표면의 탈회와 재광화 여부는 치면과 접한 환경의 칼슘과

인의 농도, pH 등이 주된 요인으로 작용하여 결정되고, 불소가 법랑질 표면의 변화에 중요한 역할을 하게 된다¹⁷⁾. 불소이온은 미백이 활성화되고 이온이 교환되는 동안 미백제의 흡수를 증가시키고 미네랄의 손실을 감소시킨다. Thylstrup 등¹⁸⁾은 불소를 치아에 적용하는 경우 불소가 탈회된 치면으로 확산되어 치면에서 불화칼슘이 형성되고, 불소가 반복적으로 적용되는 경우 불화수산화인회석(fluoroapatite)의 형성이 증진되어 보다 지속적으로 불소의 효과를 유지할 수 있다고 했다. Delbem과 Cury 등¹⁹⁾의 연구에 의하면 산성 불소 젤이 중성 불소 젤보다 법랑질 표면에 더 잘 침착이 되며, 또한 우식에 대한 저항성과 치면의 탈회에서도 산성 불소 젤이 더 효과적이라고 하였다. pH가 낮은 고농도의 불소를 tray를 이용하여 구강에 적용 시킨 후 확인한 결과, 치아우식증을 예방하기 위해서 필요한 CaF₂와 같은 layer가 법랑질 표면에서 발견되었다고 하였다. 과산화수소에 sodium fluoride와 potassium nitrate가 함유된 미백제를 이용하여 치아 미백 후 치면에 부식과 치아우식 감소효과가 있었다²⁰⁾.

본 논문에서는 10% CP를 이용하여 불소 및 CPP-ACP를 이용하여 14일간의 미백 과정이나 후의 색 변화를 측정된 결과 대부분에서 색변화가 뚜렷이 진행된 것을 알 수 있었다. 본 연구에서 색 측정은 CIE L* a* b* 측정체계를 이용하여 색을 기록하였다. L* 값의 증가와 a* 와 b*값의 감소는 치아 미백의 결과를 나타내는 유용한 지표이다. 본 실험에서 대조군을 포함한 모든 군에서 시간 경과에 따라 L* 값은 증가하였다(p<0.05). 또한 a* 와 b*값은 baseline에 비해 감소하였다(p<0.05). 그러나 미백처리에 따른 a* 값의 변화는 L* 값과 b* 값 변화 보다 적게 나타나 전체 색 변화에 큰 영향을 주지 못하는 것을 관찰할 수 있었다. 미백 처리에 따른 b* 값의 변화는 a* 값의 변화보다 컸으며, 치아의 색조에서 노란색이 감소됨을 관찰할 수 있었다. 뚜렷한 미백효과는 미백제를 적용한 후 첫 2주안에 나타난다고 하였다²¹⁾. Ruyter 등²²⁾은 인간의 눈으로 인지 가능한 변색은 ΔE*가 3.3 정도 일 때이며 3.3이하의 색 변화는 임상적으로 무의미하다고 보고하였다. 본 연구에서 ΔE*값을 보면 임상적으로 의미가 있는 수준으로 나타났다. 따라서 미백 중에 불소 및 CPP-ACP는 대조군과 비슷한 수준의 미백 효과가 있어 색 변화에

영향을 주지 않음을 알 수 있었다.

본 연구에서 표면미세경도 변화는 미백 후 모든 군에서 미백 전과 비교할 때 감소를 보였다($p<0.05$). 1군(10% CP), 2군(10% P+APF gel), 3군(10%CP+Fluoride varnish), 4군(10% CP+PF), 5군(10%+ CPP-ACP)의 미백 전 미세경도 값은 각각 357.5, 355.6, 351.5, 354.2, 352.8 VHN으로 각 군마다 값의 차이가 없으나, 14일간 미백 후 경도 값은 각각 317.8, 324.3, 335.3, 330.4, 332.5 VHN으로 각 군마다 값의 차이를 보였다. 이는 불소 및 CPP-ACP를 이용한 재광화 처리를 함에도 불구하고 미백 전 보다 미세경도의 감소를 보였고, 재광화 처리를 하지 않은 대조군에서 가장 높은 미세경도 감소를 보였다($p<0.05$). 대체적으로 재광화 처리를 한 군은 대조군에 비해 미세경도의 감소 차이가 적었고, fluoride varnish를 함유한 군은 미세경도가 가장 적게 감소하였다. 재광화 처리 시간이 경과함에 따라 모든 군에서 미백 전 미세경도 값에 비해 덜 감소하였다.

이 연구에서 초기 미세경도 수치는 351-357 VHN이며, 14일간 미백 후 초기 경도 값과 비교해서 5-12%의 감소를 보였다. Metz 등²³⁾과 Oliveira 등²⁴⁾의 연구에서는 불소 또는 칼슘을 CP에 함유한 군과 함유되지 않은 군의 치면 미세경도를 측정 한 결과 별 차이가 없다고 하였다. 하지만 본 연구에서는 미백 후 불소 및 CPP-ACP는 감소된 치아 표면의 미세경도를 증가시켰고, 이런 결과는 Bizhang 과 Attin 등의 연구에서와 같이 대조군에 비해 미세경도가 덜 감소했다^{25,26)}. 불소는 Marinelli 등²⁷⁾과 Gelhard와 Arends 등²⁸⁾의 연구에서 생체 내 또는 생체 외 실험을 통하여 불소이온이 탈회된 법랑질의 재결정화를 촉진한다고 보고하였다. CPP-ACP는 Reynold 등²⁹⁾의 연구에서와 같이 치면 세균막 내에 칼슘과 인의 농도가 증가하여 치면의 무기질 이탈을 억제하고 무기질의 침착을 촉진한 것으로 사료된다. 불소와 CPP-ACP는 미백제와 혼합된 후에도 치면에 영향을 주어 대조군에서는 미백 후 미세 경도가 감소하였으나, 이들이 함유된 군에서는 미세경도가 덜 감소한 것으로 보인다.

Ehrlich 등³⁰⁾은 치아표면에 2% sodium fluoride를 도포했을 때 법랑질 표면이 불화칼슘 층을 형성하여 탈회 및 미세경도 감소를 막는다고 하였다. Armenio 등³¹⁾은 1.23% sodium fluoride를 자가 미백 후 4분간 tray를

이용하여 도포 한 경우 지각과민에 효과적이었다고 하였다. Costa 등³²⁾은 10% CP를 사용하여 미백한 결과, PF와 APF를 2주 간 도포한 군에서도 미세경도는 감소하였으나 대조군에 비해 덜 감소하였고 이는 본 연구결과와 상응한다. Bayrak 등³³⁾은 38% HP를 이용해 5일간 3회 미백 한 후 CPP-ACP를 적용한 결과 미세경도의 증가를 보였다고 하였다. Nathoo 등⁹⁾은 2주간 10% CP로 미백 후 구강내 환경과 비슷하게 하기위해 인공타액에 보관 한 상태를 만들면 미세경도에 거의 변화가 없었다고 하였다. 그 이유는 인공타액의 재광화 능력 때문이라고 하였다. 하지만 본 연구에서는 인공타액에 보관했음에도 불구하고 14일 간 미백 후 미세경도의 감소를 보였다. 이 결과는 de Oliveira 등²⁴⁾의 연구에서와 같이 10% CP를 이용하여 칼슘과 불소를 함유하여 인공타액에 시편을 보관하면서 14일간 미백 후 치아 표면의 미세경도를 측정 한 결과, 모든 군에서 미세경도의 감소를 보여 본 연구와 같은 양상을 보였다. 불소 및 CPP-ACP 등의 재광화 제제는 미백 후 색 변화에 영향을 주지 않으며 미세경도의 감소를 줄이는데 효과적인 물질로서 임상에서 미백 후 지속적으로 적용하여 치면에 재광화를 촉진하는데 사용되어야 할 것이다.

이 연구는 in vitro의 실험으로 구강내 환경을 그대로 반영할 수 없어 불소 적용 후 치아의 색과 표면경도에 한계를 가진 연구로서, 앞으로 in vivo 실험을 통해 색과 미세경도에 미치는 영향 및 지각과민을 평가하는 연구가 이뤄져야 할 것이며, 또한 미백 후 치아의 무기질 함량의 변화와 미백 후 불소를 했을 때 얼마만큼의 불소가 법랑질에 흡수됐는지의 연구가 필요 할 것으로 사료된다.

5. 결론

본 연구에서는 자가 미백용으로 사용하고 있는 10% CP를 이용하여 14일 간 미백한 후 불소 및 CPP-ACP 등의 재광화 제제를 사용하여 치아미백과 표면미세경도에 영향이 있는지 평가하고자 하였다. 건전한 대구치 25개를 이용하여 시편을 제작하였고, 치아시편은 각각 10개씩 5군으로 분류하였다. 1군은 10% CP, 2군은 10% CP+APF gel, 3군은 10% CP+varnish, 4군은

10% CP+PF, 5군은 10% CP+CPP-ACP로 분류하여 실험을 통해 다음과 같은 결과를 얻었다.

1. 미백을 한 모든 군에서 L^* , a^* , b^* 값과 색 변화량 ΔE^* 값은 대조군과 마찬가지로 미백 기간이 증가함에 따라 통계적으로 유의한 차이를 보였다 ($p < 0.05$). L^* 값은 증가하였고, a^* 값과 b^* 값은 감소하였다. 그러나 미백처리에 따른 a^* 값의 변화는 L^* 값과 b^* 값의 변화 보다 적게 나타났다. b^* 값은 모든 군에서 미백 후 +(노란색) 방향에서 -(파란색) 방향으로 감소되는 변화를 알 수 있었다.
2. 미백처리 전과 7일, 14일에 측정된 법랑질의 미세경도값을 분석한 결과 미백처리를 한 모든 군에서 통계적으로 유의하게 감소하였다($p < 0.05$). 미백 7일에서, 2-5군은 Baseline의 값과 비교할 때 유의한 감소를 보였고($p < 0.05$), 대조군인 1군에서 가장 낮은(332.4 VHN) 값을 나타냈다. 미백 14일에서도 2-5군은 미세경도의 감소를 보였다. 3군은 가장 높은 미세경도 값(335.3 VHN)을 보였고, 대조군은 가장 낮은(317.8 VHN) 값을 나타냈다. Paired t-test 결과 미백 전과 미백 후의 미세경도는 유의한 차이를 보였고($p < 0.05$), 재광화 처리 시간이 경과함에 따라 모든 군에서 미백 전 미세경도 값에 비해서 감소하였으나, 처리하지 않은 대조군에 비해서 덜 감소하였다.

이상의 결과들을 종합해 보면, 10% CP를 이용한 치아 미백은 치아의 색변화에 효과적이며, 미백 후 불소 및 CPP-ACP를 이용한 재광화 처리가 치아 미백에 저해되는 영향을 주지 않았다. 또한 미백 후 모든 군에서 미세경도 감소를 보였으나, 재광화 처리 한 군은 재광화 처리를 하지 않은 군과 비교해 볼 때 미세경도가 덜 감소하였다. 미백 후 불소 및 CPP-ACP로 처리한 치아의 표면 상태와 흡수된 정도를 평가하는 연구가 계속되어야 할 것으로 사료된다.

참고문헌

1. Nathoo SA. The chemistry and mechanisms of extrinsic and intrinsic discoloration. J Am Dent Assoc 1997 Apr;128 Suppl:6S-10S.
2. Zaragoza VMT. Bleaching of vital teeth - technique. EstoModeo 1984;9:7-30.
3. Basting RT, AL Rodrigues Jr, MC Serra. The Effect of 10% Carbamide Peroxide Bleaching Material on Microhardness of Sound and Demineralized Enamel and Dentin In Situ. Oper Dent 2001;26:531-539.
4. Josey AL, Meyers IA, Romaniuk K, et al. The effect of a vital bleaching technique on enamel surface morphology and the bonding of composite resin to enamel. J Oral Rehabil 1996; 23:244-250.
5. Basting RT, Fernandez Y Fernandez C, et al. Effects of a 10% carbamide peroxide bleaching agent on roughness and microhardness of packable composite resins. J Esthet Restor Dent 2005;17(4):256-262.
6. Reinhardt JW, Eivins SE, Swift EJ, et al. A clinical study of nightguard vital bleaching. Quintessence Int 1993;24:379-384.
7. Montgomery S, Rotstein I, Stabholz A. External cervical resorption after bleaching pulpless teeth. Oral Surg 1983;57(2):203-206.
8. Bailey SJ, Swift EJ JR. Effect of home bleaching products on composite resins. Quintessence Int 1992;23(7):489-494.
9. Nathoo SA, Chmielewski MB, Kirkup RE. Effect of colgate platinum professional toothwhitening system on microhardness of enamel, dentin, and composite resins. Compend Contin Educ Dent Suppl 1994;24:627-630.
10. Ulukapi H, Bengerli Y, Ulukapi I. Effects of pre-and -post operative bleaching on marginal effect of leakage of amalgam and composite restorations. Quintessence Int 2003;34:505-508.
11. Basting RT, Fernandez Y Fernandez C, Ambrosano GM. Effects of a 10% carbamide peroxide bleaching agent on roughness and microhardness of packable composite resins. J Esthet Restor Dent 2005;17(4):256-262.
12. Akal N, Over H, Olmez A, et al. Effect of carbamide peroxide containing bleaching agents on the morphology and subsurface hardness of enamel. Journal of Clinical Pediatric Dentistry 2001;25:293-296.
13. Leonard Jr RH, Bentley CD, Haywood VB. Salivary pH change during 10% carbamide peroxide bleaching. Quintessence Int 1994;25:547-550.
14. Haywood VB. Current Status of Nightguard Vital Bleaching. Compend 2000;21(suppl 28):S10-S17.
15. 최재윤, 심연수, 임범순. 미백한 치아에 다양한 재광화 처리가 무기질 함량 변화에 주는 영향. 대한치과기재학회지 2008;35(3):255-264.
16. Addy M. Dentin hypersensitivity: new perspectives on an old problem. Int Dental J 2002;52:367-375.
17. Meurman JH, Ten Cate JM. Pathogenesis and modifying factors of dental erosion. Eur J Oral Sci 1996;104(2):199-228.
18. Thylstrup A, Fejerskov O. Textbook of clinical cariology. 2nd Ed. Copenhagen : 1994:231- 257, 288-299.
19. Delbem AC, Cury JA. Effect of application time of APF and NaF gels on microhardness and fluoride uptake of in vitro enamel caries. Am J Dent 2002 Jun;15(3):169-172.
20. Rølla G, Saxegaard E. Critical evaluation of the composition and use of topical fluorides, with emphasis on the role of calcium fluoride in caries inhibition. J Dent Res 1990 Feb;69 Spec No: 780-785.

21. Shannon H, Spencer P, Gross K, et al. Characterization of enamel exposed to 10% carbamide peroxide bleaching agents. *Quintessence Int* 1993 Jan;24(1):39-44.
22. Ruyter IE, Nilner K, Moller B. Color stability of dental composite resin materials for crown and bridge veneers. *Dent Mater* 1987;3:246-251.
23. Metz MJ, Cochran MA, Matis BA, et al. Clinical evaluation of 15% carbamide peroxide on the surface microhardness and shear bond strength of human enamel. *Oper Dent* 2007 Sep-Oct;32(5):427-436.
24. de Oliveira R, Paes Leme AF, Giannini M. Effect of a carbamide peroxide bleaching gel containing calcium or fluoride on human enamel surface microhardness. *Braz Dent J* 2005;16(2):103-106.
25. Bizhang M, Seemann R, Duve G, et al. Demineralization effects of 2 bleaching procedures on enamel surfaces with and without post-treatment fluoride application. *Oper Dent* 2006 Nov-Dec;31(6):705-709.
26. Attin T, Betke H, Schippan F, et al. Potential of fluoridated carbamide peroxide gels to support post-bleaching enamel re-hardening. *J Dent* 2007 Sep;35(9):755-759.
27. Marinelli GB, Donly KJ, Wefel JS, et al. An in vitro comparison of three fluoride regimens on enamel remineralization. *Caries Res* 1997 31(6):418-422.
28. Gelhard TB, Arends J. In vivo remineralization of artificial subsurface lesions in human enamel. *J Biol Buccale* 1984 12(1):49-57.
29. Reynolds EC, Cai F, Shen P, et al. Retention in plaque and remineralization of gum. *J Dent Res* 2003 82(3):206-211.
30. Ehrlich J, Hochman N, Gedalia I, et al. Residual fluoride concentrations and scanning electron microscopic examination of root surfaces of human teeth after topical application of fluoride in vivo. *J Dent Res* 1975 Jul-Aug;54(4):897-900.
31. Armênio RV, Fitarelli F, Armênio MF, et al. The effect of fluoride gel use on bleaching sensitivity: a double-blind randomized controlled clinical trial. *J Am Dent Assoc* 2008 May;139(5):592-597.
32. da Costa JB, Mazur RF. Effects of new formulas of bleaching gel and fluoride application on enamel microhardness: an in vitro study. *Oper Dent* 2007 Nov-Dec;32(6):589-594.
33. Bayrak S, Tunc ES, Sonmez IS, et al. Effects of casein phosphopeptide-amorphous calcium phosphate (CPP-ACP) application on enamel microhardness after bleaching. *Am J Dent* 2009 Dec;22(6):393-396.