

## 미백제가 법랑질 명도 변화와 미세경도에 미치는 영향

이용근\* · 이홍수\*\* · 김수남\*\* · 이성재\* · 방기숙\*\*

(\*원광대학교 치과대학 치과재료학교실, \*\*원광대학교 치과대학 예방치학교실)

### 목차

I. 서론	IV. 총괄 및 고안
II. 실험재료 및 방법	V. 결론
III. 실험성적	참고문헌

### 1. 서론

인간은 누구나 아름답게 보이려는 욕망이 있고, 치아의 형태나 색은 인간의 미를 좌우하는 중요한 요인이다. 치아의 색이 어떠한 것이 아름다운 것이냐는 데는 논란의 여지가 많겠으나 일반적으로 '하얀 치아'가 미의 기준이라는 데는 많은 사람이 동의한다. 이러한 미의 기준은 이른바 '미백제'가 상품화되어 시판되고 있으며 최근에 대중매체를 통한 광고가 활발하다는 데에서도 그 근거를 찾아볼 수 있다(Lobene, 1968).

아름다운 치아를 만드는 방법은 '치아를 하얗게' 하거나 치아표면에 생기는 부착성 착색물 및 내부에 침착한 색소를 제거하여 정상적인 치아 색으로 환원시키는 것이다. 시판되는 미백제는 이러한 목적을 달성할 수 있는 것으로 알려져 있다. 이론적으로는 치아미백제에 포함된 마모성분으로

치아 표면에 부착된 착색물을 제거할 수 있을 것이며, 표백제를 첨가시켜 치아를 '하얗게' 만들 수 있을 것이다(Covington 등, 1991).

치아를 '하얗게' 만드는 표백작용은 표백제에 포함된 반응성이 높은 자유 라디칼(free radical)이 치아의 착색물이나 유기물을 변성시켜서 나타나는 것으로 알려져 있다. 자유 라디칼을 방출하는 물질로서 과산화수소 및 carbamide peroxide가 단독으로 또는 열과 같이 사용되며, 이러한 방법을 채용한 세치제도 여러 종류가 시판되고 있다(Hunsakar 등, 1991).

이렇듯 많은 미백제가 대중에게 알려지고 시판되면서, 치의사에게 미백제의 효과 및 안전성에 관한 사항을 묻는 사람들의 수가 점차 증가하고 있다. 그럼에도 불구하고 국내에서는 아직 미백제에 관한 지식과 정보가 부족한 실정이다.

이에 저자들은 미백제에 대한 문헌고찰을 통하

여 미백제에 대한 정보를 공유하고 미백제의 효과 및 안전성에 관한 자료를 축적하고자 시판되는 치아미백제 및 대조군으로 일반 세치제, 과산화수소수를 사용하여 발거한 사람의 치아 명도변화 및 법랑질 미세경도에 미치는 영향을 측정하여 다소의 지견을 얻었기에 보고하는 바이다.

## II. 실험재료 및 방법

### 1. 실험재료

본 실험에서는 우식이 없는 사람의 발거치아 35개를 5군으로 분류하여 측정용 시편으로 사용하였으며 치아미백제로는 RMS와 RMT, NWT를 사용하였고 대조군으로 일반세치제(ETQ) 및 과산화수소수(HPO)를 사용하였다(표 1). RMT는 Citrobian™ 라는 물질이 들어있어 미백효과를 나타내며 과산화물은 포함되어 있지 않고 불소물 함유하고 있으며 MFP, dicalcium phosphate dihydrate, 알루미늄, 파파인, sodium citrate가 주성분이다. 또한 민감성을 보이는 치아에 사용하는 RMS는 기존 RMT의 조성에 5% potassium nitrate를 첨가하여 치아의 민감성을 낮추는 작용이 있다고 한다. NWT는 3 가지 제재로 구성되어 있는데, 초산 및 methylparaben을 주성분으로 하는 전처리제(pre-rinse), 6% 과산화수소가 주성분인 표

백겔(bleaching gel), 연마성분이 주인 연마제(polishing cream)가 그것이다.

### 2. 실험방법

#### 1) 시편제작

준비된 치아로부터 색차 측정을 할 수 있도록 직경 83mm의 원판에 각 군에 해당하는 치아 7개를 배열하여 아크릴릭 레진으로 포매 하였다. 시편은 치관부 협측이나 설측 법랑질이 직경 4mm 정도가 되도록 노출시키고 나머지 부분을 포매 하였으며, 치아가 포매된 원판은 연마기(Metaserv Grinder Polisher, Buehler, England)를 이용하여 600번까지 연마한 후 Microcloth(Buehler)를 이용하여 최종 연마를 시행하였다.

#### 2) 잇솔질 및 치아미백제 도포방법

세치제 및 세치제형 치아미백제의 경우에는 잇솔질을 시행하였다. 잇솔질은 분당 200번 회전하는 연마기 회전판의 중앙에 치아가 포매된 원판을 고정한 후 450g의 하중을 가하는 상태에서 시행하였다. 잇솔로는 중강도 강모의 럭키 777 잇솔을 사용하였으며 2주간 잇솔질한 것과 같은 양인 500회 회전을 시행한 후 색상 및 미세경도를 측정하였다. 잇솔질은 세치제 또는 세치제형 치아미백제 10gm과 인공타액 10gm을 혼합하여 잇솔에 묻혀 시행하였다.

Table 1. Materials studied in this experiment

Code	Brand name	Batch Number	Manufacturer
ETQ	Etiquette tooth paste	X116 A	L.G. Chemical, Korea
RMS	Rembrandt sensitive	800074	Den-Mat Co., U.S.A.
RMT	Remrandt	108680	Den-Mat Co., U.S.A.
NWT	Natural White tooth whitener	3JA/3JA/3JA	Natural White Inc., U.S.A.
HPO	Hydrogen peroxide	K01926000	E. Merck, Germany

도포형인 NWT의 경우에는 사용자가 1주간 사용한 것으로 가정하고, 사용설명서에 의한 방법으로 해당 횟수만큼 반복하였는데, 먼저 표면 처리제(conditioner)를 10초간 도포한 후 씻어내고 표백겔(bleaching gel)을 2분간 도포하였다. 이어 다시 씻어낸 후 연마제로 잇솔질행정을 10회 시행하고 또 한번 씻어내었다. 과산화수소수도 사용자가 1주일간 사용한 것으로 가정하고 반복시행하였는데, 6% 과산화수소 액에 치아를 침지시킨 상태에서 37.5°C로 14분 동안 유지시키는 방법을 적용하였다.

처리 후에는 공통적으로 증류수를 이용하여 충분히 세척하고 실온에서 1 시간동안 건조한 후 색상 및 미세경도를 측정하였다.

### 3) 색차측정

색차측정은 측색색차계(Model TC-6FX, Denshoku Co., Japan)를 이용하여 측정하였다. 본 실험에서 사용한 측색색차계는 XYZ filter 방식의 CIE 표준 C 광원을 이용하는데, 측정방법은 2 광로 교차측정방식에 의한 적분구식 0~45° 법이었고 감지부의 지름은 3mm 이었다. 색상측정 이전에 기기를 조정하기 위하여 감지부에 흡광통을 밀착하여 영점조정을 한 후 이어서 표준 백색판(X=90.19, Y=92.16, Z=108.26)을 감지부에 밀착시켜 표준조정을 하였다. 기기의 영점조정과 표준조정을 한 후 시편을 감지기에 밀착시키고 색상을 측정하였는데 5 회 측정의 평균치를 잡는 방법으로 각 면당 2 회씩 측정하였다. 그 결과로 얻어진 X, Y, Z의 세 자극치(tristimulus value)를 내장된 컴퓨터 프로그램을 통하여 색공간 좌표인 CIE  $L^*$ ,  $a^*$ ,  $b^*$  값을 구하였다. 본 연구에서는 명도값을 나타내는  $L^*$  값을 분석하였다. CIE  $L^*$  값은 0에서 100까지의 값으로 숫자가 높을수록 높은 명도를

나타낸다.

### 4) 미세경도 측정

제작된 시편을 미세경도기(Microhardness tester, Mitsuzawa Seiki Co., Japan)를 이용하여 비커스 경도를 측정하였다. 미세경도는 측정현미경의 배율을 100배로 조정하여 시편에서 경도를 측정할 점을 잡고 300g의 정하중을 가하여 압흔을 만든 후, 측정현미경의 배율을 400배로 하여 측정하였다. 한 시편당 최소 5개 정도의 비슷한 범위의 수치가 나올 때까지 반복 측정하였는데, 측정 후 전체 평균을 구하여 평균에서 20% 이상 벗어나는 수치는 분석에서 제외하였다.

## III. 실험성적

### 1. 미세경도 성적

치아미백제 사용 전후의 미세경도를 측정한 결과는 표 2와 같다. 실험처치전 실험대상 치아의 비커스 경도를 분산분석으로 사전 검증한 결과 각 군간 평균치는 통계학적으로 유의한 차이가 없었다( $p>0.05$ ). 실험처치후의 미세경도는 군간 차이가 있었는데, 사후 검증으로 Scheffe 검정법에 의한 다중 개별비교를 시행한 결과 NWT 군만이 미세경도가 나머지 4 개군보다 유의하게 낮게 나타났다( $p<0.01$ ), 그 이외의 개개 군간에는 유의한 차이가 없었다( $P>0.05$ ). 실험전 미세경도가 실험후 미세경도에 영향을 주는지 알아보기 위하여 실험전 미세경도를 통제한 공변량 분석을 시행한 결과 실험전 미세경도는 실험후 미세경도에 영향을 주지 않는 것으로 나타났다( $p>0.05$ ).

미백제가 법랑질 미세경도에 미치는 영향을 분석하기 위하여, 군내 실험전후의 미세경도의 차이

는 짝짓기한 t-검정법으로 분석하였고, 미세경도의 변화량(실험전 경도-실험후 경도), 미세경도의 변화율[(실험전후의 경도의 차이/실험전 경도)×100]을 산출하여 군간 평균치차이를 사전검정법으로는 분산분석법을, 사후검정법으로는 Scheffe 검정법을 사용하여 비교하였다.

군내 실험전후의 미세경도 평균치의 차이는 VHN -77.2~205.2 로 사용한 미백제에 따라 변화가 크게 나타났다. ETQ, RMS 및 RMT 군에서는 경도가 유의하게 증가하였으며(p<0.01), NWT 군에서는 경도가 유의하게 감소하였으나(p<0.01), HPO 군에서는 유의한 차이가 없었다.

미세경도변화량의 군간 차이는 NWT 군만이 나머지 4개 군과 유의한 차이가 있는 것으로 나타났다(p<0.01). 미세경도변화율은 -27.4~63.9% 범위를 나타냈으며 Scheffe 검정법으로 각 군의 경도변화의 비율을 비교한 결과 NWT군의 경도변화율이 다른 군과 유의한 차이가 있었다(p<0.01).

## 2. 치아 명도의 변화

치아미백제의 사용전 및 사용기간별 명도는 표

3과 같으며, 적용기간별 명도의 변화량은 표 4와 같다.

각 제재별로 처리 전후의 명도를 짝짓기 t 검정한 결과 ETQ 를 사용한 경우에는 6주간 처리까지는 초기 명도와 유의한 차이가 없었으나(p>0.01), 8주간 처리한 후에는 명도값이 유의하게 낮아졌다(p<0.01). RMS를 사용한 경우에는 4주간 처리까지는 초기명도와 유의한 차이가 없었으나(p>0.01), 6주 처리 이후에는 초기 명도값과 유의한 차이가 있었다(p<0.01). 6주간과 8주간 사이의 명도의 차는 통계학적으로 유의하지 않았다(p>0.01). RMT를 사용한 경우에는 2주 처리 후에는 초기 명도와 차이가 없었고(p>0.01), 4주, 6주 및 8주 처리 후에는 초기 명도보다 유의하게 높아졌으며(p<0.01), 4주 처리 이후에는 명도의 변화가 없었다(p>0.01). NWT를 사용한 경우에는 2주, 4주, 6주 및 8주 적용후의 명도는 초기 명도보다 유의하게 높았고(p<0.01), 2주 처리 이후에는 명도변화가 없는 것으로 나타났다(p>0.01). HPO를 사용한 경우에는 2주, 4주, 6주 및 8주 적용후의 명도는 초기 명도보다 유의하게 높았으며(p<0.01), 4주 처리 이

Table 2. Vickers hardness number of specimens before and after tooth whitener application

Code	Vickers hardness number (VHN)		VHN change after experiment	
	Before tooth Whitener application	After tooth whitener application	Pre VHN-Post VHN	Pre VHN-Post VHN Pre VHN
ETQ(1)	295.7 (54.6)*	353.9 (30.2) <sup>a</sup>	-58.2 (42.6)	-22.4 (19.6)
RMS(2)	295.9 (33.3)	373.1 (20.3) <sup>a</sup>	-77.2 (37.1)	-27.4 (14.6)
RMT(3)	311.9 (52.4)	369.3 (41.8) <sup>a</sup>	-57.4 (56.6)	-21.3 (24.8)
NWT(4)	320.8 (27.1)	115.6 (20.6) <sup>a,c</sup>	205.2 (27.2) <sup>c</sup>	63.9 ( 5.9) <sup>c</sup>
HPO(5)	322.8 (34.4)	323.8 (30.5) <sup>b</sup>	-1.1 (35.0)	-1.0 (10.6)

\* : 평균(표준편차), a: 처리전과 처리후의 미세경도 차이가 통계적으로 유의함(p<0.05)

b: 처리전과 처리후의 미세경도 차이가 통계적으로 유의하지 않음(p>0.05)

c: 나머지 군과 통계적으로 유의한 차이가 있음(p<0.05)

후에는 명도의 변화가 나타나지 않았다( $p>0.01$ ).

실험제재군별 명도의 평균치는 적용전, 적용기간별로 차이가 있는 것으로 나타났다. 특히 실험제재 적용전의 명도가 분산분석결과 차이가 있는 것으로 나타나 실험제재 적용전의 명도를 공변량으로 하여 공변량분석을 시행하였다. 공변량 분석결과 적용 기간별로 실험제재간에는 역시 명도의 평균치 차이가 있는 것으로 나타났다.

동일한 처리조건에서 처리 방법에 따른 명도를 비교하면 초기 명도는 ETQ 군에서 HPO, NWT, RMS 군보다 유의하게 높았다. 2주 처리후의 명도를 비교하면 NWT와 HPO로 처리한 경우의 명도가 RMS 및 RMT로 처리한 군의 명도보다 유의하게 높았으며( $p<0.05$ ), ETQ로 처리한 군의 명도는 RMS 및 RMT로 처리한 군의 명도보다 유의하게 높았다(이하 표 3). 4주 처리후의 명도는 RMS로 처리한 군의 명도가 RMT, NWT 및 HPO로 처리한 군의 명도보다 유의하게 낮았으며( $p<0.05$ ) ETQ로 처리한 군의 명도와는 차이가 없었다( $p>0.$

05). 6주 처리후의 명도를 보면 처리 조건에 따른 명도의 차이는 없었다( $p>0.05$ ). 8주 처리후의 명도는 ETQ의 높은 초기 명도에도 불구하고 ETQ로 처리한 경우의 명도가 다른 제재로 처리한 군의 명도보다 유의하게 낮았다( $p<0.05$ ).

각 제재별로 제재처리후의 명도에서 처리 이전의 초기명도를 뺀 값을 표시한 명도의 변화량은 표 4와 같다. 초기 2주 동안의 명도변화를 Scheffe 검정법으로 분석한 결과 HPO로 처리한 경우의 명도변화가 RMS, RMT 및 ETQ로 처리한 경우보다 유의하게 컸으며( $p<0.05$ ), NWT로 처리한 경우의 명도변화도 RMS, RMT 및 ETQ로 처리한 경우보다 유의하게 컸다( $p<0.05$ ). 초기 4주 동안의 명도변화는 HPO, NWT 및 RMT로 처리한 경우의 명도변화가 ETQ 및 RMS로 처리한 명도변화보다 유의하게 컸다( $p<0.05$ ). 초기 6주 동안의 명도변화는 HPO로 처리한 경우의 명도변화가 ETQ 및 RMT로 처리한 군보다 유의하게 컸으며( $p<0.05$ ), NWT로 처리한 군의 명도변화가 ETQ 및 RMT로

Table 3. Values of enamel specimens after tooth whitener application

Code	Initial value	After 2 weeks	After 4 weeks	After 6 weeks	After 8 weeks
ETQ(1)	63.36 (2.51)*	63.50 (1.19) <sup>b</sup>	62.73 (3.27) <sup>b</sup>	66.93 (5.49) <sup>b</sup>	57.50 (1.34) <sup>a</sup>
RMS(2)	55.48 (5.62)	51.92 (3.56) <sup>b</sup>	54.73 (5.98) <sup>b</sup>	67.54 (5.00) <sup>a</sup>	66.75 (5.22) <sup>b</sup>
RMT(3)	57.01 (3.41)	54.47 (3.51) <sup>b</sup>	70.03 (5.05) <sup>a</sup>	64.69 (3.88) <sup>b</sup>	67.97 (3.56) <sup>b</sup>
NWT(4)	54.74 (5.41)	71.19 (7.91) <sup>a</sup>	69.21 (8.57) <sup>b</sup>	71.98 (9.10) <sup>b</sup>	72.80 (8.76) <sup>b</sup>
HPO(5)	49.77 (1.39)	68.19 (3.18) <sup>a</sup>	69.58 (2.92) <sup>a</sup>	69.27 (2.13) <sup>b</sup>	70.68 (3.09) <sup>b</sup>
군간차이	4.2.5/1/4.3.1/2.3	4.5/3/4/2.3/1/2/1.4	5.4.3.5/2/3.1.2/4.1.5	N.S.	5.4.3.5.2.3/1/2.4/1/5
	4.5/3	1.5/2			

\* : 평균(표준편차)

NS : 통계학적으로 군간에 유의한 차이가 없음( $p>0.05$ )

' . ' : 인접한 군간의 차이가 없음( $p>0.05$ )

' / ' : 인접한 군간의 차이가 있음( $p<0.05$ )

<sup>a</sup> : 앞의 명도와 비교하여 통계학적으로 유의한 차이가 있음( $p<0.01$ )

<sup>b</sup> : 앞의 명도와 비교하여 통계학적으로 유의한 차이가 없음( $p>0.01$ )

처리한 군의 명도변화보다 유의하게 컸다( $p < 0.05$ ). 8 주 동안의 명도변화는 ETQ로 처리한 군의 명도변화가 다른 4가지 제재로 처리한 군의 명도변화보다 유의하게 낮았으며( $p < 0.01$ ), HPO로 처리한 군의 명도변화는 RMS 및 RMT로 처리한 군의 명도변화보다 유의하게 높았다( $p > 0.05$ ).

제재처리후의 명도에서 처리 이전의 초기명도를 뺀 값을 초기 명도로 나눈 값을 표시한 결과인 명도의 변화율은 표 5와 같다. 적용기간별 실험제재간의 명도변화율의 평균치 차이는 명도변화량과 같은 양상을 보이는 것으로 나타났다.

**Table 4. Value changes of enamel specimens after tooth whitener application**  
(The value after tooth whitener application - initial value)

Code	After 2 week	After 4 week	After 6 week	After 8 week
ETQ(1)	0.14 (1.89) <sup>ab</sup>	-0.63 (2.65) <sup>b</sup>	3.56 (4.38) <sup>b</sup>	-5.87 (2.96) <sup>a</sup>
RMS(2)	-3.55 (3.69) <sup>b</sup>	-0.75 (4.62) <sup>b</sup>	12.06 (3.52) <sup>a</sup>	11.28 (4.37) <sup>a</sup>
RMT(3)	-2.54 (4.85) <sup>b</sup>	13.02 (6.46) <sup>a</sup>	7.68 (4.58) <sup>a</sup>	10.96 (4.97) <sup>a</sup>
NWT(4)	16.45 (8.06) <sup>a</sup>	14.47 (7.97) <sup>a</sup>	17.24 (9.06) <sup>a</sup>	18.07 (8.53) <sup>a</sup>
HPO(5)	18.42 (3.50) <sup>a</sup>	19.81 (3.23) <sup>a</sup>	19.49 (2.60) <sup>a</sup>	20.91 (3.49) <sup>a</sup>
군간차이	5/2.3.1.2/4/1/5.4/3/5	5/2/3/1.2/4/1/5.3.4.5	4.5/3/4.2.3.1.2.4/1/5.2	4.5/3.4.2.3/1/2/5/1/4

\* : 평균(표준편차)

NS : 통계학적으로 군간에 유의한 차이가 없음( $p > 0.05$ )

' . ' : 인접한 군간의 차이가 없음( $p > 0.05$ )

' / ' : 인접한 군간의 차이가 있음( $p < 0.05$ )

<sup>a</sup> : 초기 명도와 비교하여 통계학적으로 유의한 차이가 있음( $p < 0.05$ )

<sup>b</sup> : 초기 명도와 비교하여 통계학적으로 유의한 차이가 없음( $p > 0.05$ )

**Table 5. Value changes ratios of enamel specimens after tooth whitener application**  
( [ { The value after tooth whitener application - initial value } / initial value ] × 100 )

Code	After 2 week	After 4 week	After 6 week	After 8 week
ETQ(1)	0.31 ( 2.99)*	-0.97 ( 4.31)	5.58 ( 6.79)	-9.13 ( 4.37)
RMS(2)	-5.95 ( 6.54)	-1.11 ( 7.86)	22.26 ( 7.80)	20.19 ( 9.46)
RMT(3)	-4.18 ( 7.97)	23.27 (12.05)	13.74 ( 8.57)	19.59 ( 9.63)
NWT(4)	30.68 (16.23)	26.88 (15.48)	32.10 (17.92)	33.57 (16.83)
HPO(5)	37.10 ( 7.42)	39.89 ( 6.91)	39.26 ( 5.88)	42.11 ( 7.49)
군간차이	5/2.3.1.2/4/1/5.4/3/5	5/2/3/1.2/4/1/5.3.4.5	4.5/3/4.2.3.1.2.4/1/5.2	4.5/3.4.2.3/1/2/5/1/4

\* : 평균(표준편차)

' . ' : 인접한 군간의 차이가 없음( $p > 0.05$ )

' / ' : 인접한 군간의 차이가 있음( $p < 0.05$ )

## IV. 총괄 및 고안

본 실험에서는 시판되는 세치제형 및 겔 형태의 치아미백제를 대상으로 발거한 치아의 법랑질의 변색 및 미세경도에 미치는 영향을 측정하였다. 이에 관한 내용을 치아의 색상변화, 미백제 조성, 차이, 생체적합성, 치아에 대한 영향중 미백효과, 미세경도에 미치는 영향, 치아의 표면조성 및 표면조도에 미치는 영향 및 치아와 수복물과의 결합강도에 미치는 영향, 치아수복재료에 대한 영향으로 나누어 총괄해보고자 한다.

### 1. 치아의 색상변화

이를 닦을 때 발생하는 강모압을 측정한 결과를 보면 평균적으로 300g 정도라고 하였다(Jones 등, 1996). 본 실험에서는 450g의 추로 누른 상태에서 회전판을 회전하여 잇솔질을 하였는데 회전 속도와 힘의 관계를 고려하면 위 보고와 유사한 정도의 힘이 작용하였다고 할 수 있다.

인간의 치아 표면에 생기는 부착성 착색물은 3 가지 정도로 분류할 수 있는데 녹색, 오렌지색, 검은색 착색물은 색소를 생산하는 미생물에 의하여 생성되며, 노란색 착색물은 음식물과 담배에 의하여 생성되고, 갈색 착색물은 특정한 구조가 없는 막으로 마모성 세치제를 사용하지 않는 사람의 치아에 생긴다고 한다. 이중 노란색 착색물이 일관되게 나타나는 착색물인데 Lobene (Lobene, 1968)은 세치제의 마모도와 착색물 제거 정도와는 상관관계가 없었으나, 세치제 제품간의 착색물 제거정도는 통계적으로 유의한 차이가 있다고 하였다.

치아 표백기전은 아직 확실치 않다. 그러나 현재 사용되는 표백제의 성분이 주로 과산화수소인 것으로 보아 이 물질에서 방출되는 반응성이 높

은 자유 라디칼이 불포화기와 결합하여 표백효과를 보이는 것으로 생각된다. 자유 라디칼이 유기물과 결합하여 유기물을 변성시키고 그 결과 가시광선을 흡수하는 유기물의 흡수파장이 변화하기 때문에 표백작용이 나타나는 것으로 보인다. 그러나 자유 라디칼은 모든 유기물과 반응하므로 법랑질 내의 유기질을 파괴하는 것으로 알려져 있다. Carbamide peroxide는 분자가 작아서 확산이 용이한 장점이 있으나 법랑질의 유기물을 파괴하므로(Haywood 등, 1996) 장기적으로 볼 때에는 법랑질의 교모 및 교두파절을 야기할 수 있을 것으로 여겨진다.

Kranz 등은 본 실험에 사용한 RMT가 치아 착색 및 치석을 제거하는 정도를 측정하였으며(Kranz 등, 1991), RMT가 치아 착색물을 제거하는 정도를 측정한 결과 8 주간 사용한 후 착색면적이 대조군에 비하여 헵면에서는 37.1%, 설면에서는 30% 감소하였다고 하였다(Emling 등, 1992). 실리카/알루미나(silica/alumina)가 첨가된 세치제와 RMT가 치아에 부착된 착색물질을 제거하는 능력과 미백효과, 연마효과 등을 비교한 결과 실리카/알루미나가 첨가된 세치제의 효과가 우수하였다고 하였으며(Kleber 등, 1996), RMT를 장기간 사용하여도 안전하고 미백효과도 나타낸다고 하였다(Sharma 등, 1996; Sharma 등, 1996). 또한 1.5% 과산화수소수로 입안을 헹구면 착색물이 제거되고 미백정도를 색차계를 이용하여 측정하였을 때 유의한 효과를 보였다고 하였다(Kleber 등, 1996). 본 실험에서 6% 과산화수소수에 침적후 변색정도를 측정한 결과 8주후 가장 큰 변색을 보였으나 미세경도는 감소하였다. 즉 미백효과는 우수하다고 할 수 있으나 치아의 경도를 낮추어서 장기간 사용하면 치아의 마모나 파절 위험성이 증가될 것으로 보인다. Mehra 등은 중탄산염과

과산화물을 함유한 세치제가 미백효과가 우수하다고 하였다(Mehra 등, 1996).

## 2. 미백제 조성, 차이

1988년에서 1990년 사이에 보고된 치아미백제에 관한 논문을 고찰한 결과, 과산화수소를 미백제로 사용하는 것이 일반적이고 carbamide peroxide는 개발단계에 있었는데 2가지 제제를 비교한 바 과산화수소는 2~10% 정도의 농도로 사용되며 중성에서 작용하므로 안전성이 있고, carbamide peroxide는 산성에서 작용하며 분해가 되면 과산화수소와 이산화탄소, 암모니아, 요소로 분해되는데 안전성에 관한 명확한 자료가 없다고 하였다(Yarborough, 1991). 10% carbamide peroxide가 분해되면 3.35%의 과산화수소가 생성된다. 본 실험에 사용한 NWT에는 과산화수소가 6% 포함되어 있는데 적용방법 및 처리방법이 과산화수소를 단독으로 사용하는 것과는 차이가 있으나 미백효과를 보면 6% 과산화수소를 단독으로 사용한 것과 큰 차이는 없었다.

## 3. 생체적합성

과산화수소수와 열이 개(犬)의 치수에 주는 영향을 관찰한 결과 과산화수소 자체나 열을 동반한 과산화수소는 조상아 세포의 소실, 출혈, 흡수 및 염증세포의 침윤을 보였으나 열 자체는 영향을 나타내지 않았다고 하였다(Seale 등, 1981). 치아 표백목적으로 사용하는 과산화수소 및 열이 치수내 효소에 미치는 영향을 조사한 결과, 치수내 효소는 열을 동반하는 과산화수소에 의하여 유의하게 억제된다고 하였으며(Bowles와 Thompson, 1986), 인간의 치수조직은 외부에서 유입되는 반응성 산소로부터 치수를 보호할 수 있는 효소를 함유하고 있다고 하였다(Davis 등, 1991). 또

한 과산화수소의 치수내 침투정도는 열을 같이 가하는 경우 매우 증가한다고 하였다(Bowles와 Ugwuneri, 1987).

치아미백제의 안전성에 관한 논의를 요약한 결과 일반적으로 사용되는 과산화물에서 발생하는 자유 라디칼은 장기간 무분별하게 사용하면 돌연변이를 유발할 수 있고 발암물질의 효과를 증폭할 수 있고 치주조직에 손상을 줄 수 있으며, 또한 정상적인 구내 세균의 조성을 변화시킬 수 있고 설유두의 비대를 유발할 수 있다고 하였다(Berry, 1990). 그 결과 치아미백제가 안전하지 않다고 할 수는 없지만 완전히 안전하다고 할 수도 없다는 결론을 유도하였다. 치아미백제의 안전성에 관한 논의는 계속되고 있으나 현재는 사용방법을 지키면 유해성은 없는 것으로 인정되고 있다. 3% 과산화수소수, 10% carbamide peroxide 등의 치아미백제가 구강 내 연조직에 미치는 영향을 조사한 결과 케양이나 부종 등의 반응을 유발하였으며 중성백혈구의 침윤을 보였다고 하였다(Gage 등, 1992).

6% 과산화수소가 함유된 치아미백제를 백서의 위장관에 투여한 후 독성 정도를 측정한 결과 급성독성반응을 유발하였으나, 2주후 사후부검을 하여 대조군과 비교한 결과 조직학적 차이가 없었다고 하였다(Cherry 등, 1992). 또한 35% carbamide peroxide를 함유한 치아미백제를 백서 몸무게 킬로 그램당 5그램을 주입한 2시간 후의 백서의 독성반응을 보았는데, 호흡률이 현저하게 감소하였으며 체온이 낮아졌고 기타 많은 독성 발현을 보였다고 하였으며, 10~15%의 carbamide peroxide를 함유한 미백제를 주입한 경우에도 정도에 있어서는 차이가 있으나 유사한 독성발현을 보였다고 하였다(Cherry 등, 1993). 사용자가 가정에서 carbamide peroxide를 함유한 치아미백제를

사용할 때에는 삼키지 않도록 주의가 필요하다고 생각되며, 소량을 장기간에 걸쳐 삼켰을 때의 독성에 관한 연구가 필요할 것으로 보인다. Hanks 등은 과산화수소의 세포독성 및 상아질 투과정도를 측정하였다. 그 결과 과산화수소가 숙신산탈수소 효소의 활성을 50% 억제하는 용량은 0.58mmol/L 이었고, 실험에 사용된 모든 치아미백제 중의 과산화수소는 상아질을 투과하였으며, 1 시간 이내에 0.5mm 두께의 상아질을 투과하는 과산화수소의 양은 효소의 활성을 50% 억제하는 용량에 도달하였다고 하였다(Hanks 등, 1993). 치경부 마모 등으로 상아질이 노출되고 또한 상아질이 얇은 경우 과산화수소가 치수로 확산되어 치수독성을 야기할 수 있을 것이다. 이런 경우에 과산화수소의 농도가 높은 치아미백제를 가정에서 사용하는 것은 바람직하지 않을 것으로 생각되며 치의사가 치아 표백을 하는 경우에는 치수보호막 등을 만든 후 적용하여야 할 것이다.

#### 4. 치아에 대한 영향

##### 1) 미백효과

미국치과의사협회에서 색차를 측정하는 기준 방법으로 제시하고 있는 색차측정법(CIE ΔE)을 자연치에 적용할 수 없다는 문제를 해결하기 위하여, 육안으로 관찰하여 비교하는 방법인 Munsell 법을 CIE ΔE 방법의 결과로 환산할 수 있는 식이 개발되었는데 다음과 같다(O'Brien 등, 1990).

$$\text{CIE } \Delta E = \text{채도의 평균}^* \times \text{색상의 차이}^*/5 \\ + 7 \times \text{명도의 차이}^* + 4 \times \text{채도의 차이}^* \\ (\text{단 } * : \text{Munsell 방법으로 구한 수치})$$

일반적으로 ΔE가 1 이상이면 육안으로 구별할 수 있으며, 미국치과의사협회에서는 ΔE가 2 이하이면 비색기준(shade guide)dm로 적합하다고

인정한다. 미백효과를 측정하는 방법으로 색차계 대신 컴퓨터 화소방식인 RGB방식을 이용하는 새로운 방법이 제시되었는데(Bentley와 Leonard, 1996) 비교적 간단하고 시도가 가능한 방법으로 생각된다.

3 종류의 치아표백제를 사용하였을 때 환자의 치료 만족도를 측정한 결과 35% 과산화수소를 함유한 표백제를 사용하였을 때 만족도가 가장 높았다고 하였다(Frysh 등, 1991). 2종의 가정용 치아미백제의 효과를 매일 2시간씩 도포하며 2 주간의 변색정도를 비색기준을 이용하여 평가한 결과(Goddler 등, 1994), 치아 미백효과를 보였으며 치아의 과민증을 유발하는 경우도 있었으나 일시적이었고 치주조직에 손상을 주지 않는다고 하였다. 본 실험에 사용한 RMT와 Rembrandt Lightening Gel™의 미백효과 및 치주 연조직 자극 정도를 측정한 결과(Ouellet 등, 1992), 동시에 사용한 경우 명확한 미백효과를 보였으며 RMT를 단독으로 사용한 경우에도 미백효과를 보였다고 하였다. 또한 치아의 변색은 치아 외부에 침착한 착색물이나 치아 내부에 침투한 색소에 의하여 나타날 수 있는데 세치제 형태의 미백제는 외부에 침착된 색소를 제거한다고 한다. 한편 이 보고에서는 L 값의 변화를 명도의 변화로 하여 분석한 바 L 값이 4.51 정도 변화하였다고 하였다.

본 실험에서는 8 주 처리후 L\* 값의 변화가 -5.87~20.91의 값을 보였는데 과산화물을 함유한 NWT 및 HPO로 처리한 경우의 명도변화가 유의하게 높았으며 일반 세치제를 사용한 경우에는 명도값이 낮아졌다. 명도값이 낮아진 이유는 시편 제작과정에서 연마를 하는 도중 치아의 미세한 입자가 법랑질 표면에 부착되어 있다가 세치과정에서 탈락되면서 나타난 결과로 생각된다. 본 실험에서 이용한 제재중 세치제형의 경우에는 표면

에 침착된 색소만을 제거할 수 있었을 것으로 보이나, 시편을 제작할 때 법랑질의 표면을 연마하여 만든 것이므로 자연치와는 차이가 있을 것으로 보인다. 내부까지 침투하는 과산화수소를 함유한 제품에 있어서는 내부 유기물의 파괴에 의하여 미백효과가 나타났을 것으로 보인다. 그러나 변색정도는 세치제형과 과산화수소 함유 젤형 사이에 큰 차이가 없었으나, 이를 임상적인 효과에 결부시켜 단정하기에는 무리가 있을 것으로 보인다. 실험실 실험은 그 결과를 숫자로 표시할 수는 있으나 임상결과와는 차이가 있을 것이므로 이를 보완하기 위한 연구가 지속적으로 필요할 것이다.

10% carbamide peroxide 제재로 tetracycline에 의하여 변색된 치아를 6개월 동안 탈색하고 그후 6개월과 1년 후의 치아색의 변화정도를 조사한 결과(Haywood 등, 1990) 12개월 후에도 84% 정도에서 탈색상태가 유지된다고 하였다. 미백제재나 세치제를 사용한 후 원래의 상태로 색상이 환원되는 것은 바람직하지 않은데 이 경우처럼 치아의 유기물을 변화시켜 탈색상태가 유지될 수도 있으나 표면의 착색물만을 제거하는 미백제의 경우에는 지속적으로 사용하는 것이 바람직할 것이다. Carbamide peroxide의 농도를 5, 10, 16% 로 하였을 때 발거한 치아를 대상으로 미백효과를 측정된 결과(Sharma 등, 1996) 일반적으로 농도가 높을수록 미백효과가 크게 나타났으며 8일 처리한 군과 15일 처리한 군 사이의 미백정도에는 통계적으로 유의한 차이가 없었다고 하였다. 본 실험에서 세치제형인 ETQ, RMS, RMT의 각 2주간의 명도변화를 보면 초기에는 아주 작은 변화를 보이다가 6주 적용 후부터 명확한 변화를 보였으나(표 4), NWT와 HPO에서는 처음 2주간 사용후 뚜렷한 명도변화를 보였으나 사용기간이 증가하여도 명도변화는 더 이상 크게 일어나지 않았다.

즉 표면에만 작용하는 제재와 내부까지 스며들어서 효과를 나타내는 제재사이에는 차이가 있었다.

## 2) 미세경도에 미치는 영향

본 실험에서 ETQ, RMS, RMT를 8주간 적용한 경우 미세경도의 증가가 있었다. 이는 이들 제재 중에 함유된 불소에 의하여 경도가 증가한 것으로 보인다. NWT를 적용한 경우에는 경도의 명확한 감소를 보였는데 이는 법랑질의 유기물이 변성되면서 경도가 낮아진 것으로 보이며 HPO의 경우에는 경도의 변화가 없었다. 즉, 유사한 과산화물을 적용하는 경우에도 적용방법 및 조절제에 따라 치아내부로 침투하는 정도가 서로 상이함을 보여준다. 특히 NWT를 사용하는 경우에는 초기 경도와 비교하여 63.9% 정도의 미세경도 감소를 보였는데 장기간 사용하면 치아의 마모가 증가하고 교두과절이 쉽게 일어날 수도 있을 것이다.

불소를 함유한 세치제를 사용하였을 때 인공적으로 만든 우식 부위의 재석회화 정도를 비교한 결과(Mellberg 등, 1991) 1,100 ppm의 불소가 함유된 세치제로 2주간 닦았을 때  $19.0 \pm 32.3\%$ 의 재석회화를 보였으며 불소가 함유되지 않은 세치제로 동기간 닦았을 때에는 71.9%의 탈회가 일어났다고 하였다. 본 실험에서는 치아에 인공적으로 우식병소를 만든 것은 아니지만 불소가 함유된 세치제로 닦은 경우 경도가 유의하게 증가하였다.

사람의 법랑질을 10% carbamide peroxide 젤로 12시간 처리한 후 비커스 경도 및 파괴인성을 측정한 결과(Seghi와 Denry, 1992) 미세경도는 변화하지 않았으나 파괴인성은 30% 정도 감소하였고 마모저항도 또한 유의하게 감소하였다고 하였는데 이는 과산화물이 법랑질의 유기물을 변화시켰기 때문으로 해석하였다. 이 보고는 본 실험결과와는 차이가 있는데 이는 carbamide peroxide 젤

과 지속적으로 12시간 접촉시킨 위 실험 결과와 실제 임상조건과 유사하게 적용한 본 실험의 적용방법의 차이 때문인 것으로 사료된다. 불소(500 ppm, 1,100 ppm)가 함유된 세치제가 유의하게 탈회를 억제하는 능력을 보인다고 하였으며(Roth와 Segura, 1996), 중조( $\text{NaHCO}_3$ )가 불소의 탈회 억제 능력 및 재석회화 정도에 영향을 주는지를 조사한 결과 유의한 영향은 없다고 하였다(Hashizume 등, 1996). 또한 세치제에 미백효과를 나타내기 위하여 첨가하는 sodium tripolyphosphate가 미백효과를 나타내기는 하지만 불소의 항우식효과를 낮춘다고 하였다(Eversole 등, 1996).

### 3) 치아의 표면조성 및 표면조도에 미치는 영향

소의 건전한 법랑질을 산부식 및 표백한 후 표면특성을 관찰한 결과 35% 과산화수소수로 표백한 경우 질소의 함량이 약간 증가하였을 뿐 다른 변화는 없었으나, 35% 인산으로 산부식한 경우에는 법랑질 표면의 칼슘과 인의 농도가 크게 낮아졌고 탄소 및 질소의 농도는 증가하였다고 하였다(Ruse 등, 1990). 이 결과는 과산화물로 표면을 표백한 후 표면조성에는 변화가 없다는 보고인데, 표백한 법랑질에 대한 레진의 결합강도가 정상 법랑질에 대한 결합강도보다 낮다는 보고와 종합하여 보면 법랑질 표면의 원소조성이 변화하지 않았다고 해서 표면의 화학적 특성도 변하지 않는다는 의미는 아닐 것으로 해석된다. 법랑질을 10% carbamide peroxide로 5주간 실제 사용하는 정도로 처리한 후 표면조직 및 변색정도를 측정한 결과 표면조직은 변화되지 않았고, 처리된 색상이 밝은 법랑질의 경우에는 변색이 나타나지 않았으나 이외에는 인지할 만큼의 변색이 나타났다고 하였다(Haywood 등, 1990). 또한 치아 표백효과는 직접 표백제와 접촉하지 않는 면까지 확

대되어 나타났다고 하였다. 10% carbamide peroxide에 법랑질 과 상아질을 45일간 침적한 후 조성의 변화를 측정한 결과 표면조성이 변화하지 않았다고 하여(Covington 등, 1991), 본 실험에서 경도를 측정한 결과와는 차이가 있었다. 경도의 변화는 측정가능한 표면의 화학조성이나 조직과는 별개의 특성으로 보이며 어느 정도 깊이까지의 내부의 특성변화를 반영한다고 생각된다.

### 4) 치아와 수복물간의 결합강도에 미치는 영향

소의 상아질을 35% 과산화수소로 표백한 경우와 표백하지 않은 경우를 대상으로 콤포짓트 레진의 접착정도를 측정한 결과 과산화수소 처리후 결합강도가 유의하게 감소하였으며 결합용 레진과 치아 사이에서 파절이 일어났다고 하였다(Titley 등, 1988). 또한 치아를 과산화수소수에 노출한 시간의 차이에 따른 레진 결합강도의 변화를 측정한 결과 과산화수소수에 노출한 경우 결합강도는 감소하였으며 노출시간이 증가할수록 결합강도 감소 폭은 증가하였다고 하였다(Torneck 등, 1990).

소의 법랑질을 10% carbamide peroxide 겔로 표면처리한 후 콤포짓트 레진과 법랑질의 결합강도에 미치는 효과를 측정한 결과, carbamide peroxide로 표면을 처리한 법랑질에 대한 전단결합강도가 처리를 하지 않는 경우의 전단결합강도보다 유의하게 낮았다고 하였다. 또한 carbamide peroxide 겔 처리시간, pH 및 도포 간격 등은 전단결합강도에 통계적으로 유의한 영향이 없었으며, carbamide peroxide 겔로 표면처리후 1~7일간 물 속에 담가서 겔 성분을 용출 시키면 결합강도가 어느 정도 회복되었으며 표면을 분석한 결과 carbamide peroxide 겔은 법랑질 표면 자체 및 레진과 법랑질의 접촉면 그리고 레진의 특성을

변화시켰다고 보고하였다(Titley 등, 1992). 치아를 과산화수소수에 노출한 후 7 일간 증류수에 침적하여 과산화수소 성분을 용출한 후 레진의 결합강도를 측정해보면 과산화수소에 노출하지 않은 시편과 유사한 결합강도를 보인다고 하였다(Torneck 등, 1991). 또한 소의 상아질을 35 % 과산화수소 용액에 침적한 후 광중합형 콤포짓트 레진의 결합강도를 측정한 결과 과산화수소수로 처리한 후에는 결합이 거의 일어나지 않았는데 이는 과산화물이 결합용 레진의 경화를 억제하고 결합을 방해하기 때문일 것이라고 하였다(Torneck 등, 1990). 변색이 심한 치아를 콤포짓트 레진으로 전장할 경우 치아 표백을 먼저 시행하게 되는데 이 경우 레진과의 결합강도가 낮아지는 것은 임상적으로 문제가 된다. 결합강도를 유지하면서 표백효과가 있는 제재나 방법을 고안하여야 할 것으로 보인다.

### 5. 치아수복재료에 대한 영향

10% carbamide peroxide가 콤포짓트 레진의 경도, 표면조도, 색상에 미치는 영향을 조사한 결과 carbamide peroxide로 처리하면 일반적으로 표면조도, 명도와 경도가 증가하였다고 하였다(Burger와 Cooley, 1991). 콤포짓트 레진을 10% carbamide peroxide 용액에 45일간 침적한 후의 간접인장강도 및 변색정도를 측정한 결과 생리식염수에 침적한 군보다 간접인장강도가 증가하였는데 이는 과산화수소의 자유 라디칼에 의하여 표면의 중합정도가 증가하였기 때문이라고 하였다(Friend 등, 1991). 통상적으로 파괴성이 없는 수용액에 레진을 침적한 후 경도를 측정하면 경도가 증가하는데 특히 carbamide peroxide에 침적하는 경우 자유 라디칼에 의하여 중합도가 증가한다는 사실을 주목하여야 한다. 수복재에 치아미백제를 도포하

는 경우 이와 유사한 경향을 보일 것으로 예상되거나 변색이 생기면 바람직하지 않다. 가정용 치아미백제가 콤포짓트 레진의 변색에 미치는 영향을 보기 위하여 perhydrol urea나 carbamide peroxide 용액에 레진을 312 시간 노출시킨 후 CIE  $\Delta E$  값을 측정한 결과 CIE  $\Delta E$  값이 2 이하로서 육안으로는 구별할 수 없는 변색을 나타내어 병원에서 시술하는 미백제와는 다른 결과를 보였다고 하였다(Monaghan 등, 1992). 치아미백제에 의한 치아의 미백효과와 아울러 수복재의 변색 및 부식에 관한 연구도 이루어져야 할 것으로 보이며 특히 금속 수복재의 변색 및 부식에 관한 연구가 이루어져야 할 것으로 본다.

치아 표백용 약품에 치과 재료를 2~5 주간 침적후 영향을 주사전자현미경을 이용하여 조사한 결과 법랑질은 거의 변화가 없었고, 상아질은 도말층이 제거되었으며, 금합금 및 아말감은 변화가 없었고, 도재의 경우에는 약간의 변화를 보였으며, 큰 입자형 콤포짓트 레진의 경우 표면이 약간 거칠어졌고 미세입자형 콤포짓트 레진의 경우에는 변화가 없었다고 하였다(Hunsaker 등, 1991) 즉, 정상적으로 사용하면 수복물에는 큰 영향이 없다고 하였다. 자연치를 대상으로 4 회의 생활치아 미백과정을 시행한 후 콤포짓트 레진의 변색정도를 측정한 결과 CIE  $\Delta E$  값이 3 이상을 보이는 제품도 있었다고 하였으며(Monaghan 등, 1992), 치아 및 수복재를 치아 표백용액에 노출시키면 색상 및 미세 조직이 변화하므로 수복재에 치아 표백제가 접촉하는 것을 억제하는 것이 좋다고 하였다(Kao 등, 1991). 10% carbamide peroxide 제제가 임시 충전재의 변색에 미치는 영향을 조사한 결과 메타아크릴레이트를 함유한 재료를 옐렌색으로 변색시킨다고 하였다(Robinson 등, 1996).

콤포짓트 레진이 시판 세치제에 의하여 마모되는 정도를 측정하기 위하여 표면조도를 측정하였는데 그 결과 미백용으로 시판되는 세치제의 마모도가 낮았다고 하였다(Settembrini 등, 1993).

## V. 결 론

인간의 치아 표면에 생기는 부착성 착색물 및 내부에 침착한 색소는 심미적 문제를 야기한다. 치아 표면에 부착하는 착색물은 마모성 세치제로 제거가 가능하며, 내부에 침착된 색소는 과산화물을 사용하여 표백효과를 얻을 수 있다. 본 연구에서는 시판되는 치아미백제가 발거한 사람의 법랑질의 명도변화 및 미세경도에 미치는 영향을 측정하였다. 우식이 없는 발거치아 35개를 다섯 군으로 분류하여 시편으로 사용하였으며 세치제형 치아미백제로는 RMS와 RMT, 과산화수소 겔형으로는 NWT를 사용하였고, 대조군으로 일반세치제(ETQ) 및 6% 과산화수소수(HPO)를 사용하였다. 2주간 사용하는 정도를 기준으로 하여 제재를 적용한 후 미세경도기로 비커스경도를 측정하고 측정색차계를 이용하여  $L^*$  값을 측정하였다. 8주간 이 과정을 반복하여 다음과 같은 결과를 얻었다.

1. 세치제, 세치제형 치아미백제, 가정용 겔형 치아미백제 및 과산화수소수를 8주간 적용한 후 ETQ, RMS 및 RMT 군에서는 비커스경도가 유의하게 증가하였으며( $p < 0.01$ ), NWT 군에서는 경도가 유의하게 감소하였으나 ( $p < 0.01$ ), HPO 군에서는 유의한 차이가 없었다. 또한 미세경도의 변화는 NWT 군에서 가장 컸다( $p < 0.01$ ).

2. 세치제, 세치제형 치아미백제, 가정용 겔형 치아미백제 및 과산화수소수를 8주간 적용한 후

시편의 명도변화는 일반세치제로 처리한 경우의 명도변화가 미백제재로 처리한 경우의 명도변화보다 유의하게 작았으나( $p < 0.01$ ), 미백제재간의 차이는 없었다( $p > 0.01$ ).

3. 일반 세치제와 세치제형 치아미백제의 경우에는 8주간 적용하는 동안 점진적인 명도의 변화를 유발하였으나, 가정용 겔형 치아미백제를 도포하는 치아미백제 및 과산화수소수의 경우에는 초기에 높은 명도변화를 보인후 적용기간이 증가하여도 명도는 큰 변화가 없었다.

## 참 고 문 헌

1. Bentley C and Leonard RH : Quantization of vital bleaching by computer processing of photographic images. J Dent Res, 75, 1996, 379.
2. Berry JH : What about whiteners ? Safety concerns explored. J Ame Dent Assoc, 121(1990), 223.
3. Bowles WH and Thompson LR : Vital bleaching : The effects of heat and hydrogen peroxide on pulpal enzymes. J Endod, 12, 1986, 108.
4. Bowles WH and Ugwuneri Z : Pulp chamber penetration by hydrogen peroxide following vital bleaching procedures. J Endod, 13, 1987, 375.
5. Burger KM and Cooley RL : Effect of carbamide peroxide on composite resins. J Dent Res, 70, 1991, 570.
6. Cherry DV, Bowers DE and Redmond AF : Acute toxicological effects of Natural White on rats. J Dent Res, 71, 1992, 585.
7. Cherry DV, Bowers Jr DE, Thomas L and Redmond AF : Acute toxicological effects of ingested tooth whiteners in female rats. J Dent Res, 72, 1993, 1298.

8. Covington JS, Friend GW and Jones JE : Carbamide peroxide tooth bleaching : Deep enamel and dentin compositional changes. *J Dent Res*, 70, 1991, 570.
9. Davis WL, Jacoby BH, Craig KR, Wagner G and Harrison JW : Copper-zinc superoxide dismutase activity in normal and inflamed human dental pulp tissue. *J Endod*, 17, 1991, 316.
10. Emling RC, Shi X and Yankell SL : Rembrandt toothpaste : Stain removal following the use of Peridex. *J Clinical Dent*, 3, 1992, 66.
11. Eversole S, Best JM and Faller RV : Anticaries efficacy of whitening toothpastes. *J Dent Res*, 75(Special Issue), 1996, 193.
12. Friend GW, Jones JE, Wamble SH and Covington J S : Carbamide peroxide tooth bleaching : Changes to composite resins after prolonged exposure. *J Dent Res*, 70, 1991, 570.
13. Frysh H, Baker FL and Wagner MJ : Patients' perception of effectiveness of 3 vital tooth bleaching systems. *J Dent Res*, 70, 1991, 570.
14. Gage TW, Frazier LW and Wright JM : Oral soft tissue response to topically applied peroxide tooth whiten-er. *J Dent Res*, 71, 1992, 585.
15. Goddler B, Kaim JM, Scherer W, Bruck I and Hertz MB : Evaluation of two at-home bleaching systems. *J Clinical Dent*, 5, 1994, 86.
16. Hanks CT, Fat JC, Wataha JC and Corcoran JF : Cytotoxicity and dentin permeability of carbamide peroxide and hydrogen peroxide vital bleaching materials in vitro. *J Dent Res*, 72, 1993, 931.
17. Hashizume LN, Delbelcury AA and Cury JA : In situ study of the effect of a dentifrice containing F and/or NaHCO<sub>3</sub> on the demineralization and remineralization of enamel and in the composition of dental plaque. *J Dent Res*, 75(Special Issue), 1996, 193.
18. Haywood V and Leonard R : Six and 12-month color stability after 6-month bleaching tetracycline teeth. *J Dent Res*, 75(Special Issue), 1996, 379.
19. Haywood VB, Leech T, Heymann HO, Crumpler HO, Crumpler D and Bruggers K : Nightguard vital bleaching : effects of enamel surface texture and diffusion. *Quintessence Int*, 21, 1990, 801.
20. Hunsaker KJ, Christensen GJ and Christensen RP : Tooth bleaching chemicals - Influence of teeth and restorations. *J Dent Res*, 69, 1991, 303.
21. Jones PR, Raven S and Dawson PL : A method for the measurement of toothbrushing forces in vivo. *J Dent Res*, 75(Special Issue), 1996, 195.
22. Kao EC, Peng P and Johnston WM : Color changes of teeth and restorative materials exposed to bleaching. *J Dent Res*, 70, 1991, 570.
23. Kleber CJ, Milleman JL, Curtis JP, Christina LM and Putt MS : Clinical trial of whitening toothpastes for stain removal and enamel polish. *J Dent Res*, 75(Special Issue), 1996, 46.
24. Kleber CJ, Milleman JL, Curtis JP, Greenfeder SE and Putt MS : Effect of 1.5 % hydrogen peroxide rinse on dental stain in vivo. *J Dent Res*, 75(Special Issue), 1996, 46.
25. Kranz S, Frankl SN, Boffa J and Glaser C : A comparative clinical study of two anticalculus dentifrices for efficacy in the removal of surface stain and calculus. *Practical Periodontics and Aesthetic Dentistry*, 3, 1991, 1.
26. Lobene RR : Effect of dentifrices on tooth stains with controlled brushing. *J Ame Dent Assoc*, 77, 1968, 84 9.
27. Mehra R, Vaidyanathan TK, Nathoo SA, Viscio D

- and Gaffar A : The cleaning abilities of two bicarbonate-peroxide toothpastes. *J Dent Res*, 75(Special Issue), 1996, 88.
28. Mellberg JR, Blake-Haskins J, Petrou ID and Grote NE : Remineralization and demineralization in situ from a triclosan/co-polymer/fluoride dentifrice. *J Dent Res*, 70, 1991, 1441.
  29. Monaghan P, Lim E and Lautenschlager E : Effects of home bleaching preparations on composite resin color. *J Prosthet Dent*, 68, 1992, 575.
  30. Monaghan P, Trowbridge T and Lautenschlager E : Composite resin color change after vital tooth bleaching. *J Prosthet Dent*, 67, 1992, 778.
  31. O'Brien WJ, Groh CL and Boenke KM : A new, small color-difference equation for dental shades. *J Dent Res*, 69, 1990, 1762.
  32. Ouellet D, Los S, Case H and Healy R : Double-blind whitening night-guard study using ten percent carbamide peroxide. *J Esthet Dent*, 4, 1992, 79.
  33. Robinson F, Haywood V and Myers M : Effect of 10 % carbamide peroxide on color of provisional restorations. *J Dent Res*, 75(Special Issue), 1996, 379.
  34. Roth DC and Segura A : Caries inhibition of two different fluoridated dentifrices. *J Dent Res*, 75(Special Issue), 1996, 192.
  35. Ruse ND, Smith DC, Torneck CD and Titley KC : Preliminary surface analysis of etched, bleached, and normal bovine enamel. *J Dent Res* 69, 1990, 1610.
  36. Seale NS, McIntosh JE and Taylor AN : Pulpal reaction to bleaching of teeth in dogs. *J Dent Res*, 60, 1981, 948.
  37. Seghi RR and Denry I : Effects of external bleaching on indentation and abrasion characteristics of human enamel in vitro. *J Dent Res*, 71, 1992, 1330.
  38. Settembrini L, Penugonda B and Fischer E : Dentifrice abrasiveness on microfill composite resin and dentin : A comparative study. *J Clinical Dent*, 4, 1993, 55.
  39. Sharma A, Leonard RH and Haywood VB : Use of different concentrations of carbamide peroxide for bleaching. *J Dent Res*, 75(Special Issue), 1996, 379.
  40. Sharma N, Galustains J, Curtis JP, Christina L, Stockert LA and Rustogi KN : Two tooth whitening systems containing 10 % carbamide peroxide. *J Dent Res*, 75(Special Issue), 1996, 46.
  41. Titley KC, Torneck CD, Smith DC and Adibfar A : Adhesion of composite resin to bleached and unbleached bovine enamel. *J Dent Res*, 67, 1988, 1523.
  42. Titley KC, Torneck CD and Ruse ND : The effect of carbamide-peroxide gel on the shear bond strength of a microfil resin to bovine enamel. *J Dent Res*, 71, 1992, 20.
  43. Torneck CD, Titley KC, Smith DC and Adibfa A : Effect of water leaching on the adhesion of composite resin to bleached and unbleached bovine enamel. *J Endod*, 17, 1991, 156.
  44. Torneck CD, Titley KC, Smith DC and Adibfar A : Adhesion of light-cured composite resin to bleached and unbleached bovine dentin. *Endod Dent Traumatol*, 6, 1990, 97.
  45. Torneck CD, Titley KC, Smith DC and Adibfar A : The influence of hydrogen peroxide exposure on the adhesion of composite resin to bleached enamel. *J Endod*, 16, 1990, 123.
  46. Yarborough DK : The safety and efficacy of tooth bleaching : a review of the literature 1988-1990. *Compend Contin Educ Dent*, 12, 1991, 191.

< Abstract >

## The Effect of Tooth Whitener on the Color and Microhardness of Human Enamel in Vitro

Yong Keun Lee\* · Heung Soo Lee\*\* · Soo Nam Kim\*\* · Seong Jae Lee\* · Ki Suk Bang\*\*

(\*Department of Dental Materials, \*\*Department of Preventive and Public Health Dentistry,  
. College of Dentistry, Wonkwang University)

Human teeth vary widely in color. Practitioner and patients are concerned with preventing and correcting discolored or dark teeth to achieve and maintain stain-free, white teeth. Tooth brushing cannot alter tooth color but it can remove adhering films and stains. The esthetics of natural dentition can be improved by bleaching and this process can be applied to intrinsically and extrinsically stained teeth. The need for a brighter, more attractive smile has made rapid growth in the market for tooth whiteners. There is no doubt these products work as whiteners, at least on mild to moderate stains, but the safety of these products are unclear.

In this experiment, the effect of tooth whitener application on the color and microhardness of extracted human enamel was measured. RMS, RMT and NWT were used as tooth whiteners, and tooth paste(ETQ) and hydrogen peroxide solution(HPO) were used as controls.

35 caries-free extracted human molars were embedded and polished with the exposed enamel diameter of 4 mm. The tooth whiteners and control agents were applied according to the manufacturers' instructions or clinically simulated procedures for eight weeks, and measurements were repeated every two weeks. Value( $L^*$ ) difference was measured using Differential Colorimeter(Model TC-6FX, Denshoku Co., Japan), and microhardness was measured using microhardness tester(Mitsuzawa Seiki Co., Japan).

The results were as follows ;

1. After application of agents for eight weeks, the Vickers hardness increased significantly in the ETQ, RMS and RMT application group( $p < 0.01$ ), and that decreased significantly in NWT application group( $p < 0.01$ ), but in HPO application group there was no significant change. The change in microhardness was greatest in NWT application group( $p < 0.01$ ).
2. After application of tooth whiteners and controls for eight weeks, the value change of toothpaste application group was significantly lower than those of other agents groups( $p < 0.01$ ), and there was no significant difference in value( $L^*$ ) change among tooth whitener groups( $p > 0.01$ ).

3. The application of tooth paste and paste type tooth whitener made gradual value change, but hydrogen peroxide gel type tooth whitener and hydrogen peroxide solution made rapid value change during initial application period.