

백서에서 Carbamide peroxide bleaching gel이 치수 및 치주조직에 미치는 영향

김선호 · 황인남 · 김민석* · 김선현* · 오원만

전남대학교 치과대학 보존학교실, 구강해부학교실* 및 치의학연구소

ABSTRACT

THE EFFECT OF CARBAMIDE PEROXIDE BLEACHING GEL ON DENTAL PULP AND PERIODONTAL TISSUE IN RATS.

Sun-Ho Kim, In-Nam Hwang, Min-Seok Kim*, Sun-Hun Kim*, Won-Mann Oh

Department of Conservative Dentistry, Oral Anatomy & Institute of Dental Science, College of Dentistry, Chonnam National University,*

Carbamide peroxide is usually used for vital teeth bleaching at home. Complications such as tooth hypersensitivity and/or gingival irritation are frequently reported. Therefore, this study was performed to evaluate any possible histological changes in pulp and periodontal tissue by carbamide peroxide bleaching gel in rats.

10% and 15% carbamide peroxide containing nightguard for upper molar were worn for 4 hours a day. The rats were sacrificed after 1 day, 2 days, 3 days, 4 days and 6 days application of carbamide peroxide respectively.

The results were as follows :

Mild infiltration of inflammatory changes below the junctional epithelium and hyperplasia of epithelium were observed in both 10% and 15% carbamide peroxide treated groups.

In all experimental groups, odontoblasts were changed from columnar to cuboidal shape and/or obliterated and the focal loss of predentin was observed in pulp horn. With increasing time of application, these changes were more remarkable, but limited in pulp horn.

Inflammatory reactions, vacuolar changes and hyaline degenerations of the pup tissue were also observed in some cases.

These results suggested that carbamide peroxide gel used in home bleaching could cause reversible pulpal irritation.

I. 서 론

과산화수소는 30~35% 농도에 강한 빛과 열을 가하여 내인성 혹은 외인성 원인에 의한 변색 생활치를 대상으로 표백술을 시행하는데 이용된다. 그러나 이런 고농도의 과산화수소는 치아의 탈수 및 산부식을 유발하고 구강 연조직에 강한 자극을 가한다^{1,2)}. 또한 과산화수소가 전암병소와 관련된 병적인 변화³⁾ 및 구강 궤양⁴⁾과 관련된 유해작용이 보고되었다. 이전에 외상 받은 치아에 적용되는 경우 급성 악화가 보고되어⁵⁾ 있어 증례 선택에도 신중을 기해야 하며 때 시

술 시마다 환자 및 술자의 안전에 매우 주의를 요한다.

Haywood와 Heymann⁶⁾은 carbamide peroxide를 사용하여 가정에서도 표백할 수 있는 "nightguard vital bleaching"을 소개하였다. 10% carbamide peroxide는 분해되어 3.6%의 과산화수소가 유리되기 때문에^{2,7)} 기존의 부식성이 강한 30~35% 농도의 과산화수소보다 안전하고 효과적인 방법이라고 보고되어 있다^{6,8,9)}.

Carbamide peroxide를 이용한 표백술의 안전성에 관한 많은 보고들은 의견이 일치하지 않고 있다. Tse 등¹⁰⁾은 10% 및 15% carbamide peroxide 겔을 인간의 내피세포

에 적용 시 세포독성이 나타난다고 하였으며, Curtis 등¹¹⁾은 7일간 치은과 구강점막에 10% carbamide peroxide를 적용 시 임상적으로 인지할 수 있는 적은 변화를 관찰할 수 있었다고 하였으나, Scherer 등¹²⁾은 6주간 nightguard를 이용해 carbamide peroxide를 적용 시 치은조직에 해로운 반응은 없었으며 염증조직에 치료효과를 보였다고 하였다.

표백 시 직접 접촉하지 않는 치질까지 과산화수소가 투과할 수 있으며¹³⁾, 과산화수소가 쉽게 치수강 내로 들어갈 수 있고 온도가 10℃ 증가되면 확산 정도는 두 배가 증가한다¹⁴⁾. Cooper 등¹⁵⁾은 10% carbamide peroxide가 과산화수소를 생성해 치수강 내로 확산되며, carbamide peroxide의 농도가 증가되면 치수내 peroxide 농도도 증가한다고 보고하였다. Bowles와 Ugwuneri¹⁶⁾ 그리고 Atkinson¹⁷⁾도 peroxide와 urea가 법랑질과 상아질을 쉽게 통과할 수 있다고 하였다. Haywood¹⁸⁾는 이러한 이유 때문에 표백 시 일어나는 지각과민증은 치근면의 노출이나 수복물의 변연 누출과는 관계가 없다고 주장하였다.

만족스러운 치아 표백을 위해서는 매일 2~6시간 혹은 수면시 약 2~6주간의 장착이 필요하다⁶⁾. 각 개인에 맞는 nightguard가 제작된다고 하더라도 carbamide peroxide의 치수로의 확산과 인접 연조직으로의 누출은 막을 수 없다. 이러한 장기적인 carbamide peroxide 노출이 치주 조직과 치수 조직에 부정적인 영향을 줄 수 있을 것이다. 많은 경우에서 표백술 시술 중 지각과민증과 치은 자극을 호소하기 때문에 치수 및 치주조직의 carbamide peroxide의 안정성에 대한 연구가 필요하다. *In vivo*에서 조직학적 변화에 대한 보고는 매우 드문 상태이다.

따라서 본 연구에서는 10%와 15% carbamide peroxide가 치수 및 치주조직에 어떠한 영향을 주는가를 평가하고자 백서의 구치를 이용하여 조직학적 변화를 관찰하였다.

II. 실험재료 및 방법

1. 실험동물 및 재료

체중 250~300gm의 Sprague-Dawley계 백서 30마리를 암수 구분 없이 선택하여 상악 구치부를 실험에 사용하였으며 하악 구치부는 대조군으로 사용하였다. 본 실험에서는 carbamide peroxide로 10%와 15% Opalescence® (Ultradent Product, Inc., U.S.A.)를 사용하였다.

2. 실험방법

1) Nightguard의 제작

염산케타민(케타라, 유한양행 50mg/ml)을 체중 100gm 당 0.1cc를 복강내 주입하여 마취를 시행하였다. 백서의 상악 대구치 인상을 채득하기 위해 먼저 악궁 크기에 맞는 아

크릴릭 트레이를 제작하고 polyvinyl siloxane 인상재인 Exaflex®(GC AMERICA Inc., U.S.A.) light body와 Putty를 사용하여 정밀인상을 채득하였다. 여기에 치과용 경석고를 부어 상악 구치부의 석고모형을 제작하였다. 석고 모형에 carbamide peroxide gel이 들어갈 공간을 형성하기 위해 LC Block-Out resin(Ultradent Product Inc., U.S.A.)을 구치부 치관 부위에만 0.5mm 두께로 도포한 후 광 조사기인 Unilux AC®(Kulzer., Germany)에서 2분간 중합시켰다. 5"×5" tray sheet(Ultradent Product Inc., U.S.A.)와 진공성형기(vacuum forming unit)인 Ministar®(Scheu Dental Co., Germany)를 이용하여 상악 트레이를 제작하고 치은연에서 1mm 하방까지 트리밍하여 백서의 상악 nightguard를 제작하였다.

2) 표백술의 시행

백서에 염산케타민(케타라, 유한양행 50mg/ml)을 100 gm 당 0.1cc를 복강내 주입하여 마취를 시행하였다. Nightguard에 각각 10%와 15%의 carbamide peroxide gel을 주입하고 백서의 상악 구치부에 매일 4시간씩 장착하여 표백하였다. 대조군으로는 표백하지 않은 하악 구치부를 사용하였다.

3) 조직학적 관찰

표백 1일 후, 2일 후, 3일 후, 4일 후 및 6일 후에 10%와 15%군 당 3마리씩 백서를 희생하여 좌심실을 통해 먼저 PBS(phosphate buffered saline)로 관류세척 후 4% paraformaldehyde로 관류고정을 시행하였다. 상악과 하악 구치부를 적출하여 10% formalin에 48시간동안 고정하여 10% EDTA로 3주간 탈회시켰다. 이어 파라핀에 포매하고 미세절단기를 이용하여 4µm 두께로 표본을 제작하였다. 조직표본을 hematoxylin-eosin 염색 후 광학현미경에서 치수 및 치주조직의 변화를 관찰하였다.

III. 실험결과

1. 정상 대조군

치수 내 조상아세포는 원주형으로 전상아질 하방에 위중층으로 배열되어 있으며 그 아래로 무세포대 (cell-free zone)와 세포밀집대 (cell-rich zone)가 관찰되었다 (Fig. 1).

치주낭 내의 접합 상피는 정상적으로 3~4층의 상피세포로 구성되었으며 약간의 염증세포도 관찰되었다 (Fig. 2).

2. 1일 후

10%와 15% 모두에서 치수각 부위의 주상형 조상아세포

들이 입방형으로 변화되었으며 일부에서는 조상아세포의 소실도 관찰되어 조상아세포가 성글고 불규칙하게 배열되었다. 전상아질과 세포밑집대의 Raschkow 신경총의 부분적인 소실 및 소수의 염증세포의 침윤도 관찰되었다. 그러나 치수각 이외의 다른 부위에서는 변화가 관찰되지 않았다 (Figs. 3, 5).

치은에서는 치주낭 내 접합상피의 경미한 염증세포 침윤이 관찰되었으며 10% 군에서는 접합상피의 증식이 관찰되었다 (Figs. 4, 6).

3. 2일 후

치수각 부위에서 광범위한 조상아세포의 파괴와 전상아질의 부분적 소실이 관찰되었다. 세포밑집대의 세포사도 관찰되었다 (Figs. 7, 9).

10%군에서는 치주낭 내의 접합상피의 증식이 특징적으로 관찰되었으며 접합상피 하방에 염증세포의 침윤이 관찰되었다 (Fig. 8). 15%군에서는 약간의 접합상피의 증식이 관찰되었다 (Fig. 10).

4. 3일 후

10%에서는 치수각 부위에서 조상아세포의 소실 및 전상아질의 소실과 하방의 치수실에서 정상 치수세포들의 세포사가 관찰되었고, 혈관의 울혈과 적혈구의 혈관외 유출이 관찰되었고 (Fig. 11), 전상아질 하방에 다수의 염증세포의 침윤도 관찰되었다 (Fig. 12). 15%군에서는 이외에도 공포화 변성도 관찰되었다 (Figs. 14, 15).

10%군의 치주낭 내 접합상피의 증식은 관찰되지 않았으나 (Fig. 13), 15%군에서는 2일 후 10%와 같은 접합상피의 증식과 하방의 염증세포의 침윤이 관찰되었다 (Fig. 16).

5. 4일 후

10%군과 15%군 모두 치수각 부위와 하방의 치수실에서 적용 3일 후와 유사한 염증세포들의 침윤과 정상 치수세포들의 세포사가 관찰되었다 (Figs. 17, 19).

치주낭 내에서는 접합상피의 과다한 증식은 보이지 않았으며 하방에서 소수의 염증세포의 침윤이 관찰되었다 (Figs. 18, 20).

6. 6일 후

치수각 부위의 조상아세포와 전상아질의 대부분의 소실과 함께 많은 염증세포의 침윤이 관찰되었으며 (Fig. 21), 15%군에서는 초자양 변성이 관찰되었다 (Fig. 24). 그러

나 한 표본에서는 치수 중심부에서는 섬유아세포등의 간엽 세포들이 관찰되어 치유가 이루어지고 있다는 것을 보여주었다 (Fig. 22).

치은에서는 치주낭 내 접합상피의 증식과 하방의 염증세포의 침윤이 관찰되었다 (Figs. 23, 25).

IV. 총괄 및 고찰

1989년 Haywood와 Heymann⁶⁾이 "nightguard vital bleaching"을 소개한 이래 현재 대부분의 생활치의 표백술에 carbamide peroxide가 사용되고 있으며, 주로 10%와 15%가 가정에서의 "nightguard vital bleaching"에 사용되고 있다²⁾.

Carbamide peroxide는 과산화수소, 요소, 무수 글리세린 그리고 산으로 구성되어있다^{1,2,9)}. 10% carbamide peroxide가 분해되면 요소와 과산화수소가 생성된다. 요소는 다시 암모니아와 이산화탄소로, 과산화수소는 물과 산소로 분해되고, 산화작용이 활성적인 HO₂·가 방출되어 표백효과를 낸다. 10%와 15% carbamide peroxide는 각각 3.6% 및 5.4%의 과산화수소를 유리한다^{1,2,9)}.

표백에 의한 부작용으로는 대부분 일시적인 지각과민증과 치은 자극이 보고되고 있다¹⁹⁻²²⁾. Haywood 등²¹⁾은 6주간 표백 시 66%에서 부작용이 나타났다고 하였으며, 34%에서 지각과민증을, 13%에서 치은 자극을, 18%에서 두 가지 모두를 환자가 경험하였으나 이러한 변화가 1~2일 후에 사라졌다고 보고하였다.

치은 자극에 관한 보고로는 Strassler 등²⁰⁾은 치은 자극이 nightguard의 치은으로의 과도한 연장에 의한 것으로 기술하고 있으며, Munro¹⁹⁾는 대부분의 부작용은 밀착된 nightguard와 이것의 제거 시 연조직의 마찰에 의한다고 설명하였다. Howard²²⁾은 구강의 작열감을 보였으나, 미약하고 가역적이라고 보고하였다. 그러나 Reinhardt 등²³⁾과 Kugel 등²⁴⁾은 조직이 염증반응을 보이지 않았다고 하였고, Ouellet 등²⁵⁾도 4주간 carbamide peroxide로 표백시 연조직에 유해한 효과는 없었다고 보고하였다. 또한 Strassler 등²⁰⁾은 치은 건강이 증진되고 치태가 감소하는 경향도 보였다고 하였고, Pamerance와 Tanchester²⁶⁾는 하루에 두 번씩 3주간 carbamide peroxide 호제로 잇솔질 시 부작용은 나타나지 않았으며 치은의 건강이 개선되었다고 보고하였다. 또한, carbamide peroxide는 제1차 세계대전 당시 항염증 방부제로, 2차 세계대전에서는 아구창의 치료에 사용되었으며, 1960년대 이후 치과에서 구강 창상의 세척에 사용되어 왔다⁹⁾.

본 연구의 모든 실험표본에서는 치주낭내 접합상피 하방에 소량의 염증세포의 침윤과 접합상피의 증식등의 치은 조직의 경미한 염증반응 등의 조직학적 변화를 관찰할 수 있었으며 특이한 염증반응은 관찰되지 않았다. 이와 같은 결

과는 백서의 상악 구치부에 nightguard를 완전히 밀착시키지 않아 nightguard에 의한 치은 자극을 배제한 결과로 사료되며, 이것은 이전의 보고들과도 일치한다. 따라서 치은 조직에 대한 부작용은 미약한 것으로 생각된다.

지각과민증은 과산화수소와 요소의 분자량이 작기 때문에 쉽게 법랑질과 상아질을 통과해서 치수 내로 들어가기 때문이라고 알려져 있다¹⁴⁻¹⁶. 과산화수소의 세포독성 효과는 활성 산소로의 변환에 의해 야기되고, 특히 hydroxyl radical이 살아있는 세포의 대부분의 분자와 반응한다고 보고되어 있다¹⁰. Cooper 등¹⁵은 carbamide peroxide가 과산화수소를 생성하여 치수강으로 확산되고, carbamide peroxide의 농도가 증가시 치수내 peroxide도 증가한다고 보고하였다. Edwell과 Olgart²⁷는 3% 과산화수소가 기포를 발생시켜 혈관을 막아 일시적으로 치수내 혈액공급을 감소시켰다고 했다. Seale 등²⁸은 성견에 35% 과산화수소를 적용 시 조상아세포층의 소실과 파치세포의 활성으로 인한 내흡수 소견등 가역적 이지만 치수의 심한 파괴적인 변화를 유발하였으나 60일 후 치유를 보였다고 하였다. Robertson 등²⁹도 열과 35% 과산화수소를 인간의 소구치에 적용시 상당수의 치수에서 적혈구의 혈관의 유출과 국소적인 출혈 경향 등 정도의 염증을 보였다고 하였다.

본 연구의 결과에서는 모든 군에서 정도의 차이는 있었지만 치수각 부위의 조상아세포의 변성과 소실을 관찰할 수 있었으며 적용 2일 후부터는 전상아질의 소실도 관찰되었다. 이것은 장착 기간이 증가함에 따라 더 심하였다. 적용 3일 후, 4일 후, 6일 후 표본에서는 치수각 하방의 세포밀집대의 세포사와 함께 염증세포들의 침윤이 관찰되었으며, 적용 3일 후 15%와 6일 후 15% 표본에서는 각각 공포화 변성과 초산화 변성이 관찰되었다. 적용 6일 후 표본의 치수 중심부에서 섬유아세포가 관찰되어 치유가 이루어지고 있다는 것을 보여주었으나 2주 후 까지 치수의 변화를 관찰하기 위해서 본 실험을 시도하였으나 마취와 스트레스로 인해 백서가 죽었기 때문에 완전히 치유되는 가에 대한 조직학적인 변화를 관찰할 수 없었다.

이러한 결과는 Seale 등²⁸과 Robertson 등²⁹의 연구와 일치하며, 비록 인간의 치아와 백서의 치아에는 두께와 조직 등의 많은 차이가 있어 직접적으로 본 연구의 결과를 인간에 적용할 수는 없지만 carbamide peroxide에서 분해된 과산화수소가 법랑질과 상아질을 통해 치수로 확산되며, 치수강 내의 과산화수소가 치수세포, 특히 조상아세포에 대한 세포독성을 가지고 있어 지각과민증을 일으킬 수 있다는 것을 시사한다.

그러나 실험상에서나 임상적으로도 이러한 치수의 변화가 비가역성 치수염이나 치수 괴사로 이행된다는 보고는 거의 없다. Seale 등²⁸과 Zach와 Cohen³⁰은 치수조직이 회복능력, 즉 peroxidase나 catalase같은 효소에 의한 방어기전을 가지고 있다고 제안하였다. Bowles와 Thompson¹⁴은

이들 효소들이 과산화수소가 존재 시 활성이 상당히 감소하거나 불활성 된다고 하였으며, 이들 효소들의 활성을 억제할 수 있는 과산화수소의 양은 50mg정도이나 실제로 30%의 과산화수소를 적용시 치수내의 농도는 $25.4 \pm 8.5 \mu\text{g}^{16}$ 이기 때문에 치수의 괴사가 일어나지 않는다고 설명했다. 그러나, 그 후 Bowles와 Burns³¹는 치수에서는 catalase의 활성이 매우 낮으며, glutathione peroxidase의 활성도 보이지 않는다고 보고하였다.

이상의 결과들에 비추어볼 때 아직까지 치수의 과산화수소에 대한 방어기전은 알려져 있지 않으나, 과산화수소가 치아를 통해 치수로 확산되며 지각과민증을 일으키는 원인이라는 것은 확실하다.

carbamide peroxide와 nightguard를 이용한 표백술을 시행하면서 상당수의 환자가 nightguard등에 의한 치은 자극과 지각과민증을 호소하는 현실을 고려할 때, 표백술을 시행하기 전 주의 깊은 환자의 선택, 주기적인 관찰과 이들 부작용을 호소 시의 대처 방법 등에 대한 치과의사의 관심과 노력이 요구된다.

V. 결 론

본 연구에서는 백서에 nightguard를 이용해 10%와 15% carbamide peroxide gel을 매일 4시간씩 치아 및 치은 조직에 가한 후 적용 1일 후, 2일 후, 3일 후, 4일 후 그리고 6일 후에 절편을 채취하고 대조군과 광학현미경으로 치수 및 치주조직을 비교, 관찰하여 다음과 같은 결과를 얻었다.

10%와 15% carbamide peroxide로 처리한 모든 군에서 접합상피 하방의 경미한 염증세포의 침윤을 보였으며, 적용 1일 후 10%, 2일 후, 3일 후 15%, 6일 후 표본에서 접합상피의 증식도 관찰되었다.

모든 실험군에서 조상아세포가 원주형에서 입방형으로 변화되거나 소실이 관찰되었으며 전상아질의 부분적인 소실도 관찰되었다. 이러한 변화는 장착일수가 증가할수록 현저하였으나 치수각에서만 관찰되었다.

모든 실험군에서 치수각 하방의 염증세포들의 침윤이 관찰되었으며, 3일 후 15%군에서는 공포화변성과, 6일 후 15% 군에서는 초산화변성이 관찰되었다.

이 실험의 결과는 가정에서 표백술시 사용되는 carbamide peroxide가 치수 자극을 일으킬 수 있다는 것을 시사한다.

참 고 문 헌

1. Yarborough DK : The safety and efficacy of tooth bleaching: A review of the literature 1988-1990. Compendium

- 12:191-196, 1991.
2. Goldstein RE, Garber DA. Complete Dental Bleaching. Hongkong. Quintessence Publishing Co. 1995. p 25-33, 71-100.
 3. Weitzman SA, Weitberg AB, Stossel TP, Schwartz J, Shklar G : Effects of hydrogen peroxide on oral carcinogenesis in hamsters. *J Periodontol* 57:685-688, 1986.
 4. Rees TD, Orth CF : Oral ulcerations with use of hydrogen peroxide. *J Periodontol* 57:689-692, 1986.
 5. Glickman GN, Frysh H, Baker FL : Adverse response to vital bleaching. *J Endodon* 18:351-354, 1992.
 6. Haywood VB, Heymann HO : Nightguard vital bleaching. *Quintessence Int* 20:173-176, 1989.
 7. Strassler HE : Insights and innovations: at-home bleaching. *J Esthet Dent* 1:176, 1989.
 8. Strassler HE : Update on tooth whitening systems. *J Esthet Dent* 2:151-152, 1990.
 9. Fasanaro TS : Bleaching teeth: History, chemicals, and methods used for common tooth discolorations. *J Esthetic Dent* 4:71-78, 1992.
 10. Tse CS, Lynch E, Blake DR, Williams DM : Is home tooth bleaching gel cytotoxic? *J Esthet Dent* 3:162-168, 1992.
 11. Curtis Jr JW, Dickinson GL, Myers ML, Russell CM : Evaluating the effects of a dentist-supervised, patient-applied carbamide peroxide bleaching agent on oral tissues. *J Esthetic Dent* 7:18-25, 1995.
 12. Scherer W, Palat M, Hittelman E, Putter H, Cooper H : At home bleaching system: effect on gingival tissue. *J Esthetic Dent* 4:86-89, 1992.
 13. Haywood VB, Leech T, Heymann HO, Crumpler D, Bruggers K : Nightguard vital bleaching: effect on enamel surface texture and diffusion. *Quintessence Int* 21:801-804, 1990.
 14. Bowles WH, Thompson LR : Vital bleaching: the effect of heat and hydrogen peroxide on pulpal enzyme. *J Endodon* 12:108-112, 1986.
 15. Cooper JS, Bokmeyer TJ, bowles WH : Penetration of the pulp chamber by carbamide peroxide bleaching agents. *J Endodon* 18:315-317, 1992.
 16. Bowles WH, Ugwueri Z : Pulp chamber penetration by hydrogen peroxide following vital bleaching procedures. *J Endodon* 13:375-377, 1987.
 17. Atkinson HF : An investigation into the permeability of human enamel using osmotic methods. *Br Dent J* 83:201-214, 1947.
 18. Haywood VB : Overview and status of mouthguard bleaching. *J Esthet Dent* 3:157-161, 1991.
 19. Munro J : Vital bleaching using the white and brite system. *Esthet Dent Update* 1:43-49, 1990.
 20. Strassler HE, Scherer W, Calamia JR : Carbamide peroxide at-home bleaching agents. *NY State Dent J* 58:30-35, 1992.
 21. Haywood VB, Leonard RH, Nelson CF, Brunson WD : Effectiveness, side effects and long-term status of night-guard vital bleaching. *J Am Dent Assoc* 125:1219-1226, 1994.
 22. Howard WR : Patient-applied tooth whiteners. *J Am Dent Assoc* 123:57-60, 1992.
 23. Reinhardt JW, Eivins SE, Swift jr EJ, Denehy GE : A clinical study of nightguard vital bleaching. *Quintessence Int* 24:379-384, 1993.
 24. Kugel G, Perry RD, Hoang E, Scherer W : Effective tooth bleaching in 5 days: using a combined in-office and at-home bleaching system. *Compendium* 4:378-383, 1997.
 25. Ouellet D, Los S, Case H, Healy R : Double-blind whitening night-guard study using ten percent carbamide peroxide. 4:79-83, 1992.
 26. Pamerance AS, Tanchester D : Effect of a carbamide peroxide paste on gingival inflammation. *J Am Dent Assoc* 66:53-56, 1963.
 27. Edwall L, Olgart LG : Influence of cavity washing agents on pulpal microcirculation in the cat. *Acta Odontol Scand* 30:39-47, 1972.
 28. Seale NS, McIntosh JE, Taylor AN : Pulpal reaction to bleaching teeth in dogs. *J Dent Res* 60:948-953, 1981.
 29. Robertson WD, Melfi RC : Pulpal responses to vital bleaching procedures. *J Endodon* 6:645-649, 1980.
 30. Zach L, Cohen G : Pulp response to externally applied heat. *Oral Surg* 19:515-530, 1965.
 31. Bowles WH, Burns H : Catalase/peroxidase activity in dental pulp. *J Endodon* 18:527-529, 1992.
 32. Weitzman SA, Weitberg AB, Niederman R, Stossel TP : Chronic treatment with hydrogen peroxide Is it safe?. *J Periodontol* 55:510-511, 1984.
 33. Dahl JE, Becher R : Acute toxicity of carbamide peroxide and a commercially available tooth-bleaching agent in rats. *J Dent Res* 74:710-714, 1995.
 34. Woolverton CJ, Haywood VB, Heymann HO : Toxicity of two carbamide peroxide products used in nightguard vital bleaching. *Am J Dent* 6:310-314, 1993.
 35. Tipton DA, Braxton SD, Dabbous MK : Role of saliva and salivary components as modulators of bleaching agent toxicity to human gingival fibroblasts in vitro. *J Periodontol* 66:766-774, 1995.
 36. Wataha JC, Hanks CT, Strawn SE, Fat JC : Cytotoxicity of components of resins and other dental restorative materials. *J Oral Rehabilitation* 21:453-462, 1994.
 37. Shannon H, Spencer P, Gross K, Tira D : Characterization of enamel exposed to 10% carbamide peroxide bleaching agents. *Quintessence Int* 24:39-44, 1993.
 38. Rotstein I, Dankner E, Goldman A, Heling I, Stabholz A, Zalkind M : Histochemical analysis of dental hard tissues following bleaching. *J Endodon* 22:23-26, 1996.
 39. Bitter NC : A scanning electron microscopy study of the effect of bleaching agents on enamel: a preliminary report. *J Prosthet Dent* 67:852-855, 1992.
 40. Denehy GE, Swift Jr EJ : Single-tooth home bleaching. *Quintessence Int* 23:595-598, 1992.
 41. Croll TP, Sasa IS : Carbamide peroxide bleaching of teeth with dentinogenesis imperfecta discoloration: report of a case. *Quintessence Int* 26:683-686, 1995.
 42. Killian CM : Conservative color improvement for teeth with fluorosis-type stain. *J Am Dent Assoc* 124:72-74, 1993.

사진부도 설명

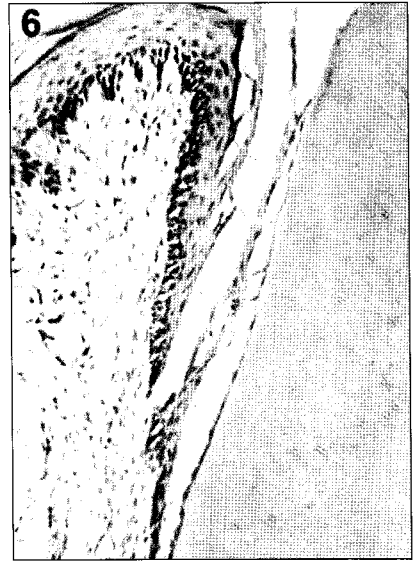
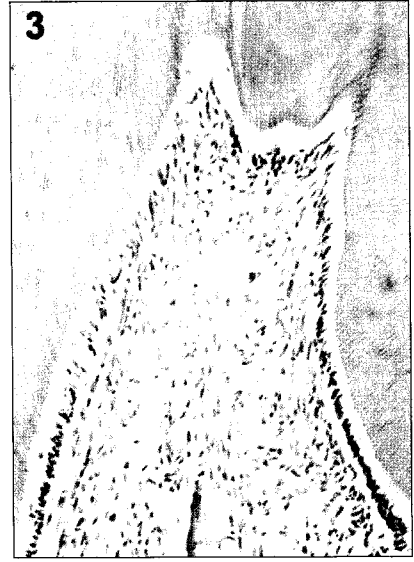
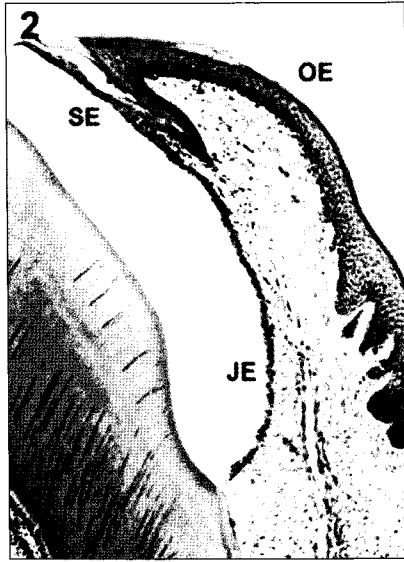
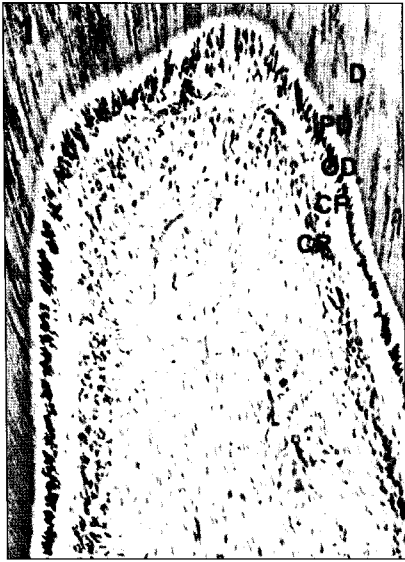
- Fig. 1. Pulp tissue of control group. odontoblasts are columnar in shape and pseudostratified. H & E stain, $\times 200$.
- Fig. 2. Periodontal tissue of control group. Junctional epithelium is composed of 3 or 4 layers of epithelium cells. H & E stain, $\times 100$.
- Fig. 3. Pulp tissue after 1 day application of 10% carbamide peroxide. Obliteration of odontoblasts and focal loss of predentin are seen in pulp horn. H & E stain, $\times 200$.
- Fig. 4. Periodontal tissue after 1 day application of 10% carbamide peroxide. Hyperplasia of junctional epithelium is seen. H & E stain, $\times 200$.
- Fig. 5. Pulp tissue after 1 day application of 15% carbamide peroxide. Changes are same as 1 day and 10% group. H & E stain, $\times 200$.
- Fig. 6. Periodontal tissue after 1 day application of 15% carbamide peroxide. Mild infiltration of inflammatory cells is seen. H & E stain, $\times 200$.
- Fig. 7. Pulp tissue after 2 days application of 10% carbamide peroxide. Severe obliterations of odontoblast and loss of predentin are seen in pulp horn and cell death of cell rich zone is seen. H & E stain, $\times 200$.
- Fig. 8. Periodontal tissue after 2 days application of 10% carbamide peroxide. Hyperplasia of junctional epithelium and infiltration of inflammatory cells are seen. H & E stain, $\times 100$.
- Fig. 9. Pulp tissue after 2 days application of 15% carbamide peroxide. Changes are same as 2 days and 10% group. H & E stain, $\times 200$.
- Fig. 10. Periodontal tissue after 2 days application of 15% carbamide peroxide. Mild hyperplasia of junctional epithelium is seen. H & E stain, $\times 100$.
- Fig. 11. Pulp tissue after 3 days application of 10% carbamide peroxide. Odontoblastic layer's changes are same as 2 days application. Blood vessels are dilated and red blood cells located extravasatively. H & E stain, $\times 200$.
- Fig. 12. Pulp tissue after 3 days application of 10% carbamide peroxide. Severe inflammatory Infiltration under predentin is seen. H & E stain, $\times 100$.
- Fig. 13. Periodontal tissue after 3 days application of 10% carbamide peroxide. No changes are seen. H & E stain, $\times 100$.
- Fig. 14. Pulp tissue after 3 days application of 15% carbamide peroxide. Changes are same as Fig. 7. H & E stain, $\times 200$.
- Fig. 15. Pulp tissue after 3 days application of 15% carbamide peroxide. Vacuolar changes are seen in pulp horn. H & E stain, $\times 200$.
- Fig. 16. Periodontal tissue after 3 days application of 15% carbamide peroxide. Hyperplasia of junctional epithelium are seen. H & E stain, $\times 100$.
- Fig. 17. Pulp tissue after 4 days application of 10% carbamide peroxide. Inflammatory reactions same as 3 days application are seen. H & E stain, $\times 200$.
- Fig. 18. Periodontal tissue after 4 days application of 10% carbamide peroxide. A few of inflammatory cells are seen under junctional epithelium. H & E stain, $\times 100$.
- Fig. 19. Pulp tissue after 4 days application of 15% carbamide peroxide. Changes are same as 4 days and 10% group. H & E stain, $\times 200$.
- Fig. 20. Periodontal tissue after 4 days application of 15% carbamide peroxide. Changes are same as 4 days and 10% group. H & E stain, $\times 200$.
- Fig. 21. Pulp tissue after 6 days application of 10% carbamide peroxide. Obliterations of odontoblast, loss of predentin, severe infiltration of inflammatory cells and death of pulp cells are seen. H & E stain, $\times 200$.

- Fig. 22. Pulp tissue after 6 days application of 10% carbamide peroxide. Mesenchymal cells and fibroblast were seen in pulp core. H & E stain, $\times 100$.
- Fig. 23. Periodontal tissue after 6 days application of 10% carbamide peroxide. Hyperplasia of junctional epithelium and inflammatory infiltrations are seen. H & E stain, $\times 100$.
- Fig. 24. Pulp tissue after 6 days application of 15% carbamide peroxide. Hyaline changes are seen. H & E stain, $\times 100$.
- Fig. 25. Periodontal tissue after 6 days application of 15% carbamide peroxide. Changes are same as 10% and 6 days group. H & E stain, $\times 100$.

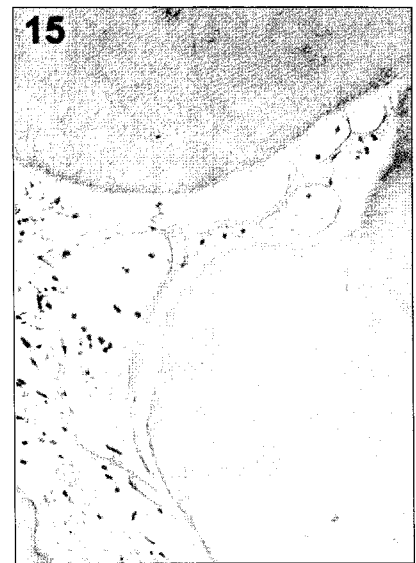
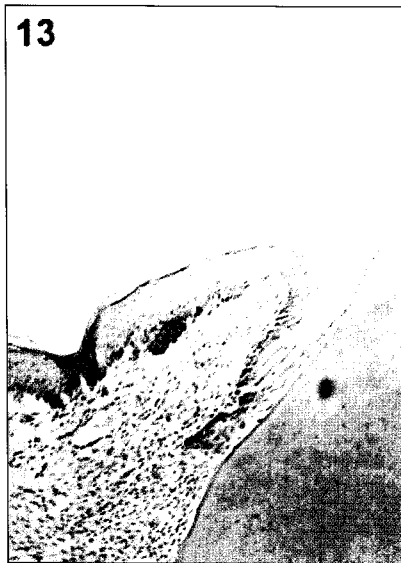
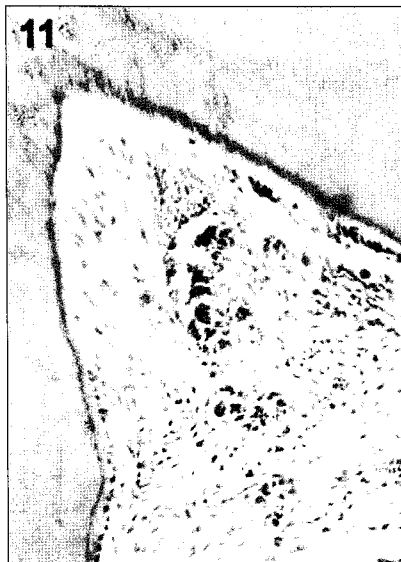
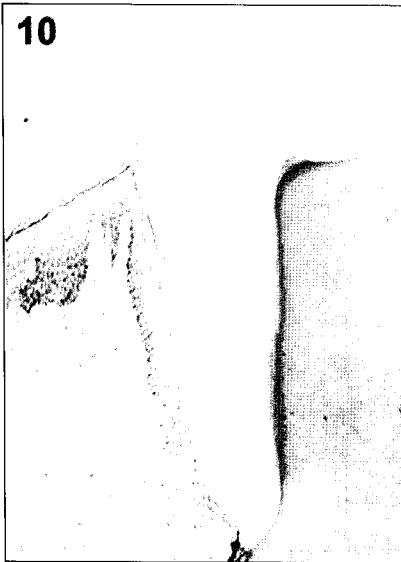
Abbreviations

- CF : Cell-free zone
CR : Cell-rich zone
D : Dentin
JE : Junctional Epithelium
OD : Odontoblastic layer
OE : Oral Epithelium
PD : Predentin
SE : Sulcular Epithelium

사진부도 ①



사진부도 ②



사진부도 ③

