

## NaOCl의 적용 후 치수강 상아질에 대한 결합강도의 변화와 Sodium Ascorbate에 의한 환원 효과

권수미 · 김태균 · 유미경 · 이광원\*

전북대학교 치의학전문대학원 치과보존학교실, 구강생체과학연구소

### ABSTRACT

#### CHANGES IN $\mu$ -TBS TO PULP CHAMBER DENTIN AFTER THE APPLICATION OF NAOCL & REVERSAL EFFECT BY USING SODIUM ASCORBATE

Su-Mi Kwon, Tae-Gun Kim, Mi-Kyung Yu, Kwang-Won Lee\*

*Department of Conservative Dentistry, School of Dentistry & Institute of Oral Bioscience, Chonbuk National University*

Clinical suggestion for the limitation of application time of NaOCl solution is needed to avoid large reductions in resin-dentin bond strength. The aim of this study was to measure the change of  $\mu$ -tensile bond strength after the various application time of 5.25% NaOCl solution to pulp chamber dentin in endodontic access cavity, and to evaluate the effect of 10% sodium ascorbate application for 10 min on bond strength after the treatment of 5.25% NaOCl solution. In this experiment, there were no statistical differences( $p>0.05$ ) in bond strengths between upper chamber dentin and lower chamber dentin. NaOCl-treated group for 20 min did not show any significant decrease( $p>0.05$ ) in bond strength than non-treated control group. In contrast to that, bond strengths of NaOCl-treated groups for 40 & 80 min were significantly lower( $p<0.05$ ) than that of non-treated control group.

10% sodium ascorbate retreated group for 10 min after 5.25% NaOCl application for 40 min to chamber dentin showed the recovery of bond strength significantly. However, the bond strength of sodium ascorbate retreated group after 5.25% NaOCl application for 80 min was still significantly lower( $p<0.05$ ) compared to the non-treated control group, which means the reductions in resin-dentin bond strength were not fully reversed. On the contrary, sodium ascorbate retreated group after 5.25% NaOCl application for 5 min showed significantly higher( $p<0.05$ ) bond strength compared to the control group, which demonstrates its superior recovery effect. In SEM examinations of specimens retreated with 10% sodium ascorbate after NaOCl application for 40 & 80 min showed that resin tags were formed clearly and densely, but weakly in density and homogeneity of individual resin tag compared to the control specimen. [J Kor Acad Cons Dent 34(5):515-525, 2009]

**Key words:**  $\mu$ -TBS to Pulp Chamber Dentin, NaOCl, Reversal Effect, Sodium Ascorbate

-Received 2009.10.9., revised 2009.10.21., accepted 2009.10.22.-

### I. 서 론

\*Corresponding Author: Kwang-Won Lee  
Department of Conservative Dentistry, School of Dentistry, Chonbuk National University  
664-14, Duckjin-Dong, Duckjin-Gu, Jeonju, 561-756, Korea  
Tel: 82-63-250-2016  
E-mail: lkw@chonbuk.ac.kr

접착레진들의 우수한 변연 폐쇄능력과 복합레진의 개선된 물리적 성질이 근관치료를 마친 전치 및 구치의 근관와동을 수복하는데 있어 기존 아말감 사용을 대체하고 있다. 치수 생활력을 유지하고 있는 심미 수복과 근관치료를 위해 개발된 근관와동의 수복방법은 와동의 형성부터 충전 방법에 이

르기까지 동일하게 적용될 수 없다<sup>1)</sup>. 특히 개방된 근관와동은 교합면측 변연에서부터 근관입구에 이르는 매우 큰 와동의 형태이므로 결합된 표면이 더욱 늘어나게 되어 Class I 와동의 c-factor 값인 5보다 커질 것이며 결국 큰 중합수축 응력을 결합표면에 전달할 것으로 예상된다<sup>2-4)</sup>. 일반적인 경우 자가중합형이나 이중중합형 복합레진을 적용하여 일회에 많은 양의 중합을 유도하는 방식으로 근관와동에 대한 충전이 이루어지고 있다. 그 결과 접착레진에 의한 복합레진과 치관측 상아질, 또는 치수벽 상아질 사이의 결합이 중합수축을 이겨낼 수 없을 정도로 약한 결합의 형태라면 수복 후에도 미세누출에 의해 야기되는 문제점을 피할 수 없으며, 남아있는 치질의 파절 저항성 증가라는 적용 목적에도 부합되지 못한 결과를 예측할 수 있다<sup>5-7)</sup>.

NaOCl 용액은 근관치료에서 가장 빈번하게 사용되는 근관 세척제이다. 또한 치수생활력을 상실하지 않은 치아에서 기계화학적 우식의 제거<sup>8)</sup>나 직접치수복조술 시행 시 노출된 치수를 부분적으로 용해하여 출혈을 멎게 할 목적<sup>9)</sup>으로 사용된다. 그러나 최근 몇몇의 연구에서 NaOCl과 H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> 용액의 적용은 법랑질과 치관부 상아질 및 치근부 상아질에 일정시간 적용되었을 때 접착레진에 의한 결합의 강도를 현저하게 감소시키는 결과를 낳았다<sup>10-12)</sup>. NaOCl 근관 세척제는 효과적인 탈단백제(deproteinizing agent)로서 H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>와 함께 보존영역에서 많이 사용되는 대표적인 생물학적 산화제이다. NaOCl이 상아질에 일정시간 이상 적용되면, 접착시 상아질에 잔류된 자유라디칼은 광중합 되는 동안 접착레진내의 다른 단량체 자유라디칼과 결합하여 불완전한 중합을 형성하게 되어 결합력 감소를 야기한다<sup>13)</sup>. 이는 근관확대나 근관세정 시 일정시간 NaOCl 용액을 치수벽 상아질(chamber dentin)이나 근관 상아질(root canal dentin)에 접촉시킬 경우 표면 상아질을 산화시켜 접착이 어려운 조건으로 변화될 수 있음을 증명하고 있다. 또한 현재 사용되는 접착 시스템인 total-etching system과 self-etching system 중 이러한 부정적인 효과는 total-etching system을 적용할 때 두드러지게 나타난다<sup>10)</sup>.

근관치료 시 NaOCl 근관세척제의 사용은 피할 수 없는 매우 중요한 과정이므로 수복 시 발생하는 문제를 해결하기 위해 10% sodium ascorbate나 ascorbic acid의 적용을 추천하고 있다<sup>11)</sup>. Ascorbic acid는 건조한 상태에서는 안정되나 습한 공기에서는 쉽게 산화되므로, ascorbic acid를 나트륨과 함께 에스테르화시킨 sodium ascorbate가 조금 더 안정적인 상태라고 판단된다. 이처럼 자연적이며 생체적합성을 가진 sodium ascorbate가 산화된 상아질 표면의 환원을 통해 접착레진에 의한 결합력을 회복시킬 목적으로 사용될 수 있다<sup>14)</sup>.

그러나 아직까지 NaOCl 용액의 적용 시간에 따른 결합력의 감소 정도를 정확하게 파악한 연구 보고를 찾아볼 수 없

으며, 그러한 연구결과에 따른 적절한 NaOCl 용액의 적용 시간의 제안이나 문제 해결을 위한 임상적 기준을 제시하지 못하고 있는 상황이다. 이에 본 연구에서는 치수강이 개방된 근관와동에 5.25% NaOCl 용액을 각각 다른 시간 동안 적용시킨 뒤 접착레진에 의한 미세인장결합강도의 변화를 측정하였으며, 10% sodium ascorbate를 NaOCl 용액에 일정시간 노출시킨 상아질에 다시 10분 동안 적용하여 결합강도에 미치는 효과를 연구하고자 하였다.

## Ⅱ. 연구 재료 및 방법

### 1. 시편 준비

발치된 건전한 상악 대구치 24개를 사용하였다. 치수강을 노출시키기 위해 CEJ 상방 3 mm를 기준으로 low speed diamond saw(Isomet, Buehler Ltd., Lake Bluff, IL, USA))를 이용하여 치아를 횡절단 하였다. 노출된 치수강을 기준으로 #6 round bur를 사용하여 치수실 천정을 제거한 후 spoon excavator와 broaches를 사용하여 치수강 내면의 치수를 제거하였다. 근관와동은 접착의 효율을 높이고 결합강도의 측정이 용이하도록 diamond bur(SF 104R, Shofu, Japan)를 사용하여 상악은 협설측으로, 하악은 근원심측으로 긴 직사각형의 형태로 와동을 형성하였다. 5.25% NaOCl과 10% sodium ascorbate 용액이 일정시간 치수강에 적용될 수 있도록 근관입구 및 치수저 부위에 약 1 mm 두께로 인산아연시멘트를 적용하여 기저재층을 형성하였다(Figure 1). 또한 인산아연시멘트의 초기 높은 산성이 실험결과에 미치는 영향을 배제하기 위해 2시간의 시멘트 경화시간을 거친 뒤 다음과 같이 시편 처리 방법에 따라 실험군을 분류하였다.

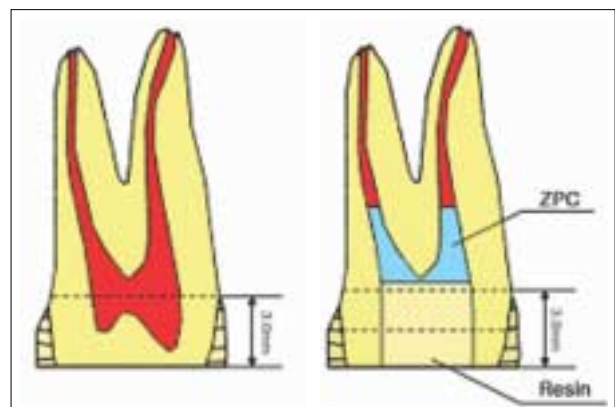


Figure 1. Schematic illustration of specimen preparation for  $\mu$ -TBS test.

## 2. 5.25% NaOCl 적용시간에 따른 시편의 처리

대조군을 포함하여 각 군당 10개씩의 치아를 사용하여 근관와동을 형성하고 5.25% NaOCl 용액이 일정시간 치수강에 적용될 수 있게 하였다(Table 1).

대 조 군 : 근관와동에 어떠한 용액도 적용하지 않았다.

실험 1군 : 근관와동에 2.5분 동안 5.25% NaOCl을 적용하였다.

실험 2군 : 근관와동에 5분 동안 5.25% NaOCl을 적용하였다.

실험 3군 : 근관와동에 10분 동안 5.25% NaOCl을 적용하였다.

실험 4군 : 근관와동에 20분 동안 5.25% NaOCl을 적용하였다.

실험 5군 : 근관와동에 40분 동안 5.25% NaOCl을 적용하였다.

실험 6군 : 근관와동에 80분 동안 5.25% NaOCl을 적용하였다.

## 3. NaOCl 적용 후 10% sodium ascorbate에 의한 시편의 처리

대조군을 제외한 각 군당 5개씩의 치아를 사용하여 근관와동을 형성하고 5.25% NaOCl 용액을 일정시간 치수강에 적용한 후 다시 10% sodium ascorbate 용액을 10분 동안 치수강에 적용하였다(Table 2).

대 조 군 : 근관와동에 어떠한 용액도 적용하지 않았다.

실험 1군 : 근관와동에 2.5분 동안 5.25% NaOCl을 적용한 후 10 ml 물로 수세한 뒤, 10% sodium ascorbate를 10분간 적용하였다.

실험 2군 : 근관와동에 5분 동안 5.25% NaOCl을 적용한 후 10 ml 물로 수세한 뒤, 10% sodium ascorbate를 10분간 적용하였다.

실험 3군 : 근관와동에 10분 동안 5.25% NaOCl을 적용한 후 10 ml 물로 수세한 뒤, 10% sodium ascorbate를 10분간 적용하였다.

실험 4군 : 근관와동에 20분 동안 5.25% NaOCl을 적용한 후 10 ml 물로 수세한 뒤, 10% sodium ascorbate를 10분간 적용하였다.

실험 5군 : 근관와동에 40분 동안 5.25% NaOCl을 적용한 후 10 ml 물로 수세한 뒤, 10% sodium ascorbate를 10분간 적용하였다.

실험 6군 : 근관와동에 80분 동안 5.25% NaOCl을 적용한 후 10 ml 물로 수세한 뒤, 10% sodium ascorbate를 10분간 적용하였다.

각 실험군 치아들의 근관와동에 Super-Bond C&B kit(Sun Medical Co., Japan)내의 Green Activator (solution of 10% citric acid containing 3% ferric chloride)를 10초간 적용시킨 후 10 ml 물로 수세하고 3-way syringe를 사용하여 치수강을 건조시켰다. 이후 냉장 저장된 차가운 dispensing dish에서 8방울의 Quick monomer(5% 4-META in 95% methyl methacrylate)와 2방울의 Catalyst V(tri-n-butyl borane)를 붓으로 혼합한 뒤 근관와동의 상아질벽에 Super-Bond를 얇게 도포하였다. 한 스푼의 powder(polymethyl methacrylate)를 앞서 준비한 혼합액에 첨가하여 빠르게 섞은 후, 20-gauge needle tube(Centrix, Hofheim, Germany)에 담아 와동 저부터 천천히 레진시멘트가 와동 전체에 채워지도록 하였다. 20분 동안 레진이 자가중합되도록 한 후 충전된 치아들은 37℃의 water bath에서 24시간 동안 수중 보관하였다.

**Table 1.** Specimen preparation according to the application time of 5.25% NaOCl to the chamber dentin.

Group	Treatment
Control	No treatment
Gr 1	5.25% NaOCl for 2.5 min
Gr 2	5.25% NaOCl for 5 min
Gr 3	5.25% NaOCl for 10 min
Gr 4	5.25% NaOCl for 20 min
Gr 5	5.25% NaOCl for 40 min
Gr 6	5.25% NaOCl for 80 min

**Table 2.** Specimen preparation according to the application of sodium ascorbate to the NaOCl-treated chamber dentin.

Group	Treatment
Control	No treatment
Gr 1	5.25% NaOCl for 2.5 min + 10% Sodium ascorbate for 10 min
Gr 2	5.25% NaOCl for 5 min + 10% Sodium ascorbate for 10 min
Gr 3	5.25% NaOCl for 10 min + 10% Sodium ascorbate for 10 min
Gr 4	5.25% NaOCl for 20 min + 10% Sodium ascorbate for 10 min
Gr 5	5.25% NaOCl for 40 min + 10% Sodium ascorbate for 10 min
Gr 6	5.25% NaOCl for 80 min + 10% Sodium ascorbate for 10 min

#### 4. 미세인장결합강도 측정 시편 제작

미세인장결합강도를 측정하기 위해 low speed diamond saw(Isomet, Buehler)를 사용하여 충전된 치아들을 치수강에 대해 수평으로 1 mm 두께가 되도록 절단하여 2개의 disc를 형성하였으며 치수실측 disc를 UCD(upper chamber dentin), 치수저측 disc를 LCD(lower chamber dentin)라 명명하였다. 형성된 disc를 다시 1mm 너비로 절단하여 최종적으로 절단면의 가로와 세로가 1mm×1mm인 막대가 되도록 시편을 형성하였다. 각 시편은 협설측에 위치한 복합레진-상아질 계면 중 접착 부위가 상대적으로 넓은 쪽을 인장결합강도 측정에 사용하였다(Figure 2).

미세인장결합강도 측정을 위해 cyanoacrylate cement(Zapit, Dental Ventuers of America, USA)를 사용하여 시편을 미세인장결합강도 측정기(Micro Tensile Tester Ref. T-61010K, Bisco, USA)에 고정시켰다. 0.5 mm/min의 속도로 인장력을 가하여 파절된 시점의 load를 구하고 시편의 단면적으로 나누어 인장결합강도를 MPa 단위로 환산하여 기록하였으며, 파절 양상을 분류하기 위해 15배율의 입체현미경 하에서 파절 단면을 관찰하였다.

#### 5. SEM 관찰 시편 제작

미세인장결합강도 측정을 위한 시편제작과는 별도로 5.25% NaOCl 적용시간의 차이에 따른 접착의 양상과, sodium ascorbate를 처리한 뒤 결합 양상의 변화를 알아보기 위하여 실험군당 치아 하나씩을 결합강도 측정을 위한 시편제작과 동일하게 형성하였다. 각 실험군 치아들을 레진측에서 편평한 면이 만들어질 수 있도록 수직으로 절단하였으며, 치수저에서 다시 횡절단하여 관찰이 용이하도록 하였

다(Figure 3). 이후 접착면 관찰을 위해 10% HCl 용액에서 12시간 탈회하고 5.25% NaOCl 용액에 1시간 동안 적용하는 과정을 2회 반복하여 건조시킨 뒤 Pt-Pd ion sputter coating하여 주사전자현미경상을 관찰하였다.

#### 6. 통계

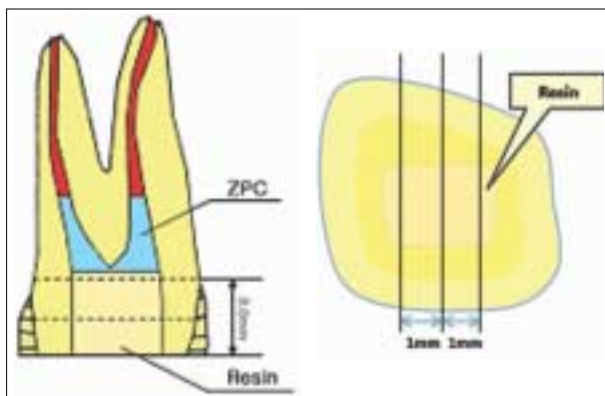
측정치의 평균과 표준편차를 구한 뒤 각 실험군내에서 상부 치수강 상아질과 하부 치수강 상아질의 결합강도의 차이 유무를 검증하기 위하여 t-test를 시행하였다. 그리고 일정 시간의 5.25% NaOCl 적용시간의 차이에 따른 결합 강도 변화의 통계적 유의성과 10% sodium ascorbate 적용에 따른 결합강도 회복의 효과를 대조군과 비교하고 검증하기 위해 one-way ANOVA 중 Dunnett's multiple comparison test를 통하여 95% 유의수준에서 시행하였다.

### Ⅲ. 결 과

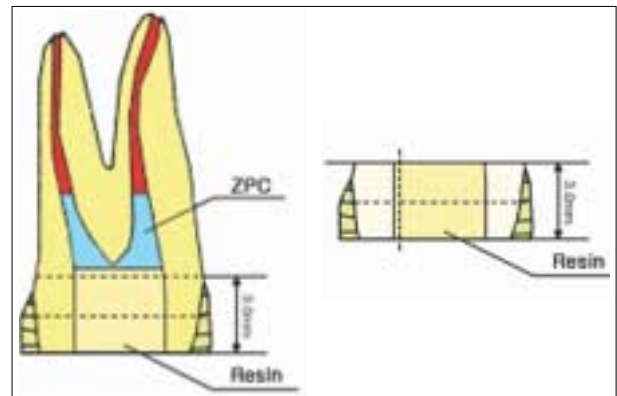
#### 1. 미세인장결합강도

치수강이 개방된 근관와동에 5.25% NaOCl 용액을 각각 다른 시간 동안 적용시킨 뒤 접착레진에 의한 상부 치수강 상아질(UCD)과 하부 치수강 상아질(LCD)에 대한 결합강도(n=10)를 측정된 결과 모든 실험군내에서 통계적으로 유의한 차이(P>0.05)를 보이지 않았다(Table 3, Figure 4).

이를 기초로 치수강이 개방된 근관와동에 5.25% NaOCl 용액을 각각 다른 시간 동안 적용시킨 뒤 접착레진에 의한 미세인장결합강도의 변화를 측정된 결과의 통계분석은 각 실험군의 상부 치수강 상아질(UCD)과 하부 치수강 상아질(LCD)의 시편 갯수를 합산(n=20)하여 시행하였으며 그



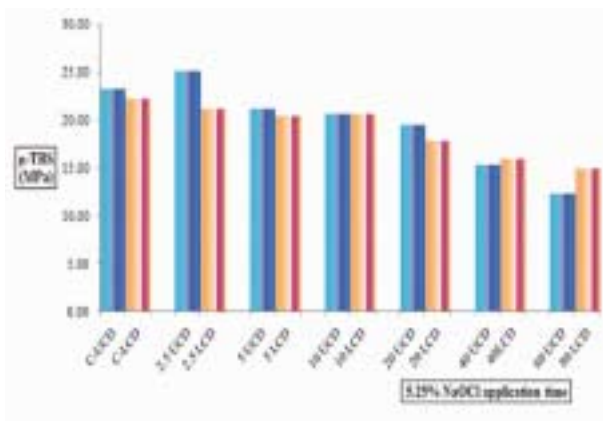
**Figure 2.** Schematic illustration of stick preparation for  $\mu$ -TBS test.



**Figure 3.** Schematic illustration of specimen preparation for SEM examination.

**Table 3.**  $\mu$ -TBS to NaOCl-treated upper & lower chamber dentin

Group (n=10)	$\mu$ -TBS to NaOCl-treated upper chamber dentin	$\mu$ -TBS to NaOCl-treated lower chamber dentin
Control	23.1 $\pm$ 3.15	22.19 $\pm$ 4.47
Gr 1	25.15 $\pm$ 5.23	21.18 $\pm$ 6.75
Gr 2	21.13 $\pm$ 5.96	20.44 $\pm$ 5.95
Gr 3	20.58 $\pm$ 5.12	20.61 $\pm$ 6.50
Gr 4	19.47 $\pm$ 8.08	17.78 $\pm$ 6.94
Gr 5	15.33 $\pm$ 6.73	15.87 $\pm$ 6.62
Gr 6	12.27 $\pm$ 4.51	14.92 $\pm$ 5.50

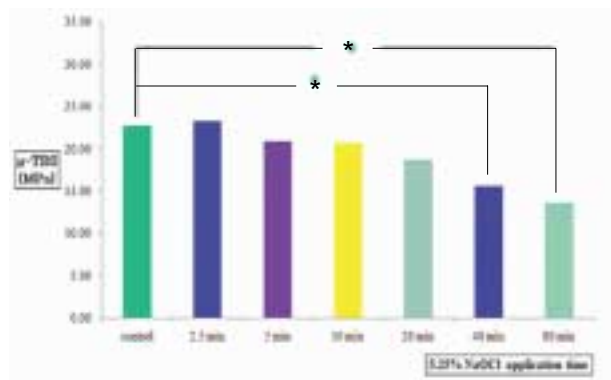
**Figure 4.**  $\mu$ -TBS to NaOCl-treated upper and lower chamber dentin.

결과를 Table 4와 Figure 5에 요약하였다. 실험결과 5.25% NaOCl 용액을 적용하지 않고 치수강 상아질에 접착시킨 대조군에 비해 20분간 적용시킨 실험군에서는 결합강도의 감소가 초래되었으나 통계적인 유의성( $P>0.05$ )은 없었다. 그러나 5.25% NaOCl 용액을 40분과 80분 동안 치수강 상아질에 적용시킨 실험군에서는 대조군에 비해 유의하게 낮은( $P<0.05$ ) 결합강도의 변화를 나타내었다.

노출된 치수강 상아질에 5.25% NaOCl 용액을 일정시간 적용하고, 10% sodium ascorbate를 다시 10분 동안 처리하여 결합강도의 변화를 측정한 결과는 Table 5와 Figure 6에 요약하였다. 5.25% NaOCl 용액을 40분간 적용한 치수강 상아질에 10% sodium ascorbate를 10분간 처리한 실험군에서 유의한 결합강도의 회복을 나타내었다. 그러나 80분간 적용한 실험군에서는 대조군에 비해 통계적으로 유의한 차이( $P<0.05$ )를 보임으로써 여전히 결합강도가 회복

**Table 4.**  $\mu$ -TBS to chamber dentin after the application of certain period of time using 5.25% NaOCl

Group (n=20)	Treatment	Mean $\pm$ SD
Control	No treatment	22.70 $\pm$ 3.80
Gr 1	5.25% NaOCl for 2.5 min	23.17 $\pm$ 5.22
Gr 2	5.25% NaOCl for 5 min	20.79 $\pm$ 4.81
Gr 3	5.25% NaOCl for 10 min	20.60 $\pm$ 4.70
Gr 4	5.25% NaOCl for 20 min	18.63 $\pm$ 6.38
Gr 5	5.25% NaOCl for 40 min	15.60 $\pm$ 5.99
Gr 6	5.25% NaOCl for 80 min	13.59 $\pm$ 5.17

**Figure 5.**  $\mu$ -TBS to chamber dentin after the application of certain period of time using 5.25% NaOCl. Asterisk(\*) means statistical difference between groups.

되지 못하고 있음을 나타내었다. 5.25% NaOCl 용액을 5분간 적용한 뒤 10% sodium ascorbate를 10분간 적용한 실험군에서는 오히려 대조군에 비해 높은 결합강도( $P<0.05$ )를 보여줌으로써 높은 회복효과를 나타내었다 (Figure 7).

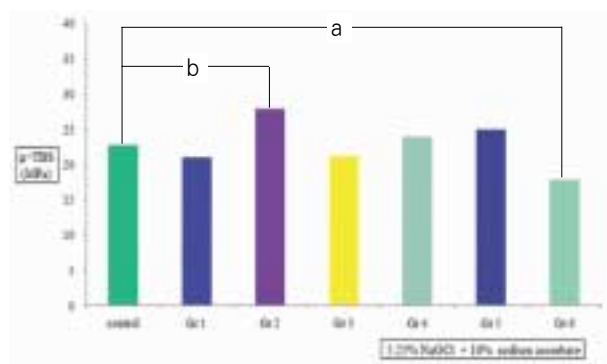
## 2. SEM 관찰

치수강 측벽 상아질에 대한 접착레진 층의 결합양상을 주사전자현미경을 사용하여  $\times 250$  배율과  $\times 1000$  배율에서 관찰한 결과, 5.25% NaOCl을 처리하지 않고 접착레진을 적용한 대조군 시편의 관찰상에서는 형성된 resin tag들이 일정한 두께와 방향성을 가지고 조밀한 분포를 보이고 있으며, 또한 각 resin tag들이 부드러운 표면을 가지며 서로 경계가 구별되는 양상을 보이고 있다.



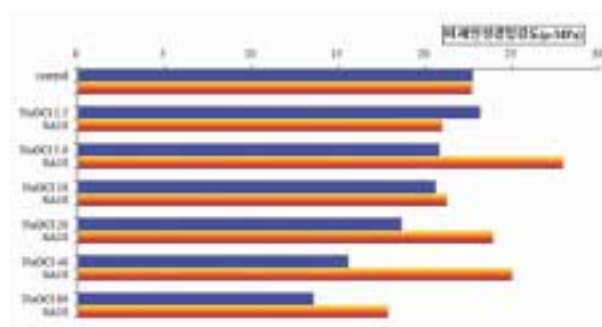
**Table 5.**  $\mu$ -TBS to chamber dentin after the application of sodium ascorbate to the NaOCl-treated chamber dentin.

Group(n=10)	Treatment	Mean $\pm$ SD
Control	No treatment	22.70 $\pm$ 3.80
Gr 1	5.25% NaOCl for 2.5 min + 10% Sodium ascorbate for 10 min	20.95 $\pm$ 6.09
Gr 2	5.25% NaOCl for 5 min + 10% Sodium ascorbate for 10 min	27.89 $\pm$ 3.65
Gr 3	5.25% NaOCl for 10 min + 10% Sodium ascorbate for 10 min	21.22 $\pm$ 3.47
Gr 4	5.25% NaOCl for 20 min + 10% Sodium ascorbate for 10 min	23.90 $\pm$ 4.68
Gr 5	5.25% NaOCl for 40 min + 10% Sodium ascorbate for 10 min	24.97 $\pm$ 4.72
Gr 6	5.25% NaOCl for 80 min + 10% Sodium ascorbate for 10 min	17.85 $\pm$ 3.34

**Figure 6.**  $\mu$ -TBS to chamber dentin after the treatment of 5.25% NaOCl + 10% sodium ascorbate. Small letter(a,b) means statistical difference between groups.

이러한 관찰 양상은 5.25% NaOCl을 2.5분과 5분 동안 처리한 시편에서도 유사하게 확인되고 있으나, 10분이 지나면서부터는 형성된 resin tag들의 길이가 짧아지고 조밀도도 많이 감소되고 있으며, 일정한 방향성을 가지기 보다는 부분적으로 산개되어 나타나고 있다(Figure 8). 40분 동안 NaOCl을 적용한 시편에서는 형성된 resin tag의 길이가 현저히 줄어들고 있으며 끝부분에서 서로 융합되는 양상을 보여주고 있다. 80분 동안 NaOCl을 적용한 시편에서는 명확하게 형성된 resin tag의 모습을 찾아보기 어려웠으며, 접착 시 표면에 단순히 부착된 접착레진의 모습만을 확인할 수 있다(Figure 9).

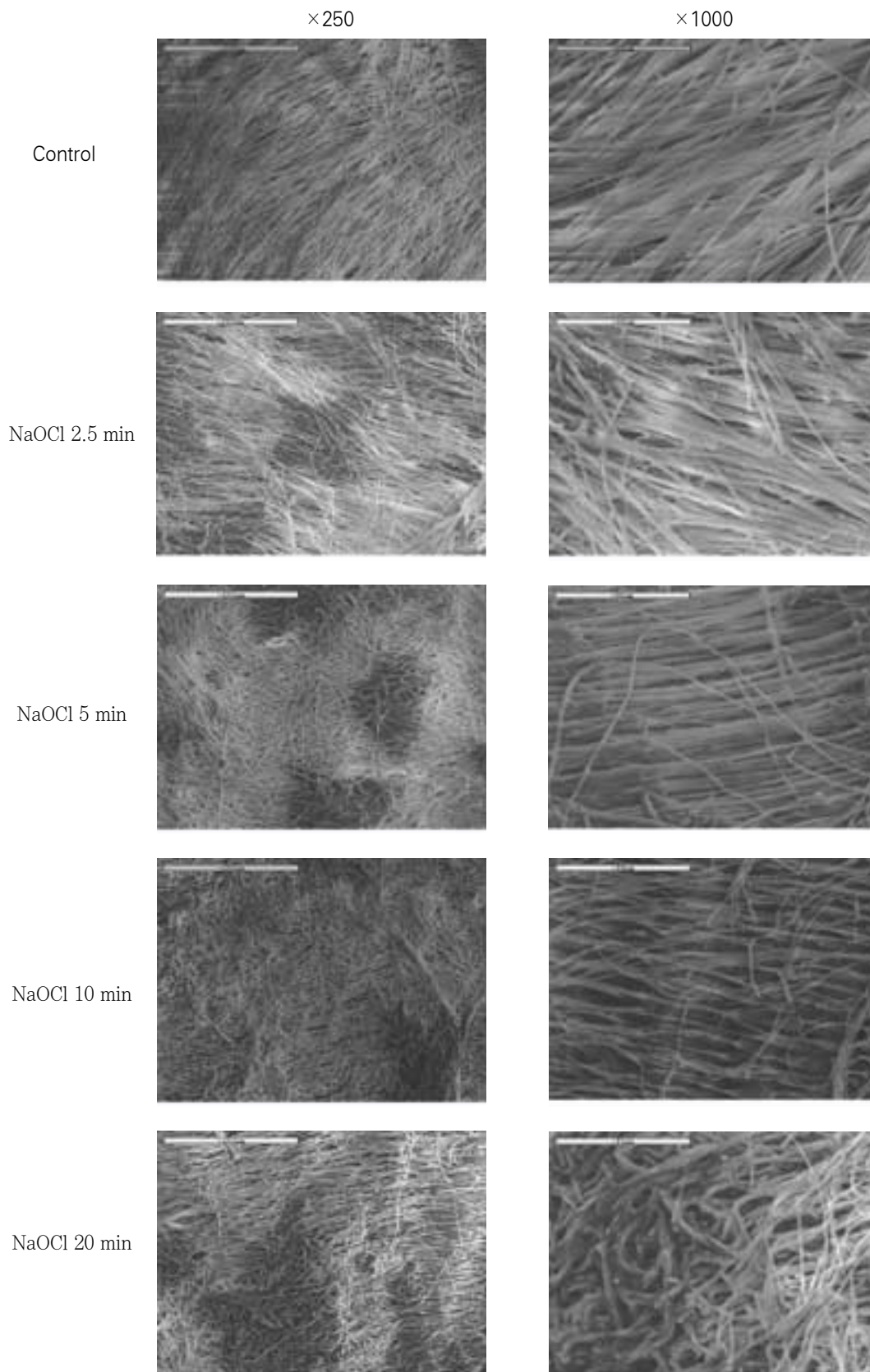
40분과 80분 동안 NaOCl을 적용하고 sodium ascorbate로 처리한 시편에서는 resin tag들이 비교적 명확하고 조밀하게 다시 형성되고 있음을 알 수 있으나, 조밀도나 개개 resin tag의 두께 및 균질성은 여전히 대조군 시편에 비해 미약함을 보여주고 있다(Figure 9).

**Figure 7.** Summarization of  $\mu$ -TBS to chamber dentin after the treatment of 5.25% NaOCl and 5.25% NaOCl + 10% sodium ascorbate.

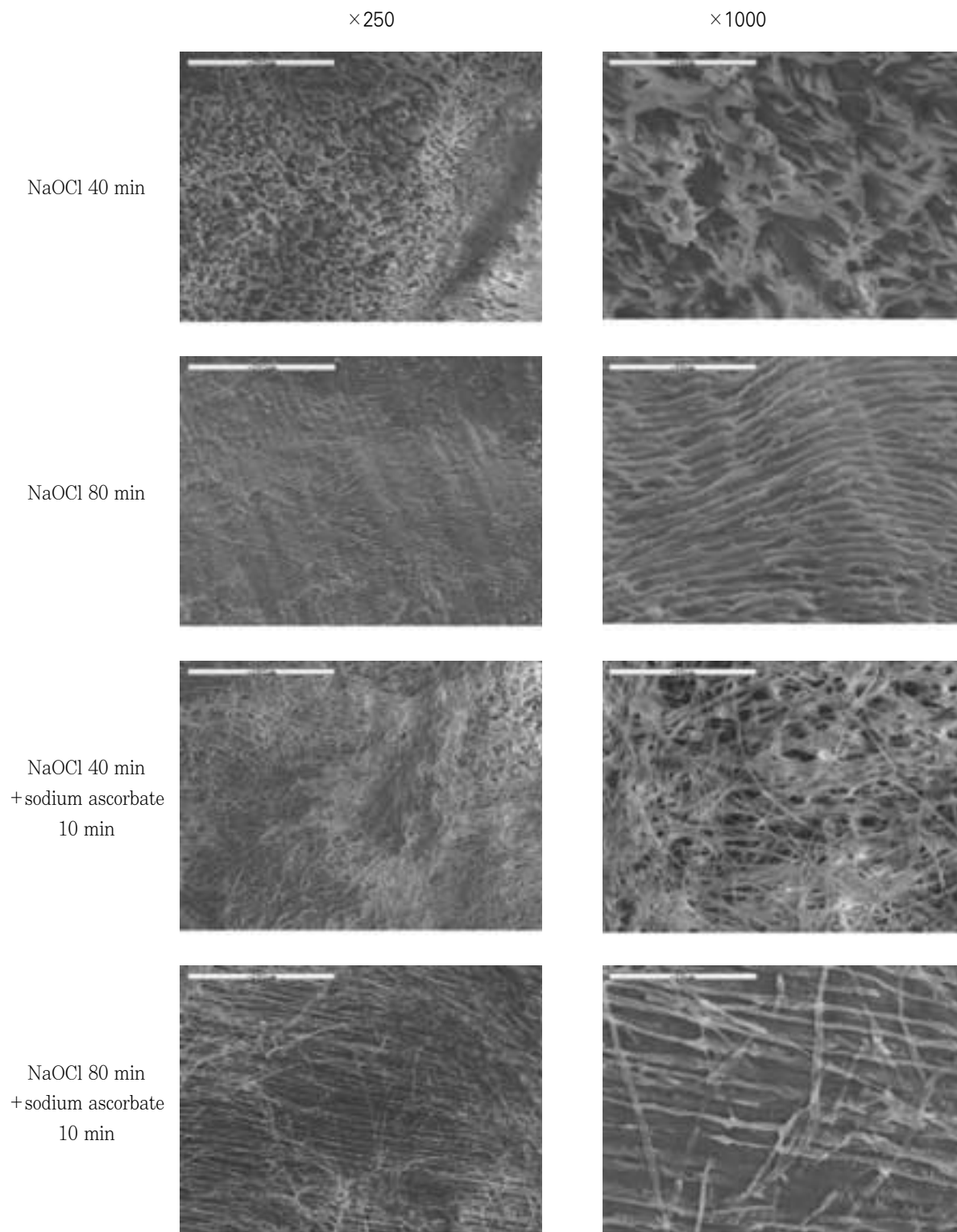
#### IV. 고 찰

본 연구에서는 NaOCl 용액의 적용 시간에 따른 결합력의 감소 정도를 파악하여 적절한 NaOCl 용액의 적용 시간의 제안이나 문제 해결을 위한 임상적 기준을 제시하고자 하였다. 이전의 연구들에서는 일반적으로 10분간의 5.25% NaOCl 용액의 상아질 적용만으로도 결합강도의 현저한 감소가 야기되기 때문에 이를 변화시킬 수 있는 환원제의 사용을 보고한 논문<sup>11,13,15)</sup>들이 많았으나, 본 연구결과에서는 이와는 다르게 치수강에 40분의 적용시간을 거친 후에야 결합강도의 유의한 감소 변화가 나타나기 시작하였다.

서론에서도 언급이 되었던 것처럼 NaOCl 근관세척제는 H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>와 함께 보존영역에서 많이 사용되는 대표적인 산화제이다. 이 두 용액이 상아질 표면을 산화시키는 기전에는 약간의 차이가 있다. 즉 NaOCl은 sodium chloride와 oxygen으로 분해되고, H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>로 처리된 상아질에서는 상아질 기



**Figure 8.** SEM examination after the application of certain period of time using 5.25% NaOCl.



**Figure 9.** SEM examination after the treatment of 5.25% NaOCl and 5.25% NaOCl + 10% sodium ascorbate.



질과 상아세관에 잔류된 용액이 산소와 물로 분해가 일어난다. 이러한 화학반응에 의해 유리된 oxygen은 산 처리된 상아질의 레진 침투를 방해하거나<sup>16)</sup> 접착 시스템의 중합을 강력하게 방해할 수 있다<sup>17)</sup>. 또한 상아질에 남아있는 활성의 자유 라디칼이 접착 시스템이 중합되는 동안 비닐 자유 라디칼과 경쟁하면서 미성숙하고 불완전한 중합이 일어날 수 있다<sup>13)</sup>. 그러나 유리된 산소의 양과 비례하는 상아질 기질을 산화시키는 정도는 동일한 시간을 적용하였을 때 H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> 용액에서 더욱 현저함을 확인할 수 있다<sup>22)</sup>. 이를 통해 본 실험에서는 5.25% NaOCl 용액이 비교적 짧은 시간(10분-20분) 이내에는 충분한 상아질의 산화효과를 가지지 못하였음을 유추하여 볼 수 있다.

치수강이 개방된 근관와동에 5.25% NaOCl 용액을 적용시킨 뒤 Super-Bond C&B 접착레진에 의한 상부 치수강 상아질(UCD)과 하부 치수강 상아질(LCD)에 대한 결합강도를 측정한 결과 유의한 차이를 보이지 않았다(Table 3, Figure 4). 또한 Morris 등<sup>11)</sup>은 확대된 근관의 치근상아질을 치경부 1/3, 중양부 1/3, 근단부 1/3로 나누고 본 실험과 동일하게 5.25% NaOCl 적용 후 Super-Bond C&B 접착레진을 적용하였을 때 부위에 따른 유의한 차이를 발견하지 못함으로써 치수강 상아질과 치근 상아질에 대한 부위별 결합강도의 차이는 나타나지 않았다.

Morris 등<sup>11)</sup>은 원래 5.25% NaOCl이 적용된 상아질내에 pH 4의 ascorbic acid를 사용하여 잔존 NaOCl이나 NaOH를 중화한 뒤, 3% ferric chloride를 포함한 10% citric acid가 상아질을 적절하게 산부식시키도록 유도함으로써 결합강도의 회복을 얻고자 하였다. 그러나 pH 7의 10% sodium ascorbate에 의해서도 NaOCl 처리된 상아질의 결합강도가 동일하게 또는 그 이상 효과적으로 회복되었기 때문에 ascorbate의 작용기전이 환원제라는 것을 알게 되었다<sup>18)</sup>. 즉 10% sodium ascorbate로 NaOCl이 적용된 치수강 상아질이나 치근 상아질을 처리하면 산화된 기질이 다시 환원되어짐을 의미한다.

본 연구에서 5.25% NaOCl 용액을 40분간 적용한 치수강 상아질에 10% sodium ascorbate를 10분간 처리한 실험군에서 유의한 결합강도의 회복을 나타내었고, 80분간 적용한 실험군에서는 대조군에 비해 여전히 결합강도가 회복되지 못함을 보여줌으로써 80분이 넘는 오랜 시간의 상아질 기질의 산화는 sodium ascorbate에 의한 결합강도의 회복이 미약해 질 수 있음을 시사한다(Table 5, Figure 6). Morris 등<sup>11)</sup>은 NaOCl에 의해 산화된 상아질에 sodium ascorbate가 적용되면 빠른 속도로 환원이 일어난다고 주장하였다. 즉 1분 이하의 짧은 시간 동안 sodium ascorbate를 적용하여도 NaOCl에 의해 감소된 결합력이 충분히 회복될 수 있다고 하였지만, 본 연구에서는 80분 동안 NaOCl을 적용한 상아질에서 10% sodium ascorbate를

10분 동안이나 적용하였음에도 대조군에 못미치는 결합력 회복의 효과를 보여줌으로써 sodium ascorbate의 적용시간은 상아질 표면의 산화 정도 차이에 따라 다르게 적용되어야 할 것으로 사료된다.

본 연구에서는 NaOCl 처리되지 않은 상아질에 10% sodium ascorbate를 적용하였을 때 결합강도가 증가되지 않았다. 이는 ascorbic acid나 sodium ascorbate의 적용이 단지 상아질을 NaOCl 이나, H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>가 포함된 RC-Prep이 일정 시간 동안 사용되었을 때만 필요한 경우로 간주되어야 함을 의미한다. 또한 모든 접착레진이 NaOCl 전처리에 민감한 것은 아니다. total-etching을 하는 접착레진 체계에서 이러한 현상이 잘 나타나는데, 대표적으로 Super-Bond C&B와 Single Bond(3M, St. Paul, MN, USA) 접착레진에서 결합강도 감소의 변화를 보고하고 있다<sup>13,19)</sup>.

근관와동을 충전하기 위해서 복합레진이나 다양한 심미충전제가 사용될 수 있다. 본 연구에서는 초기에 Super-Bond C&B 접착레진과 코어 축조용 복합레진인 LuxaCore(DMG Corp., Germany)를 사용하여 결합강도의 변화<sup>20,21)</sup>를 관찰하고자 하였으나 접착레진을 적용 후 LuxaCore가 전혀 결합되지 않는 결과를 나타내어 동일 회사의 합착용 레진인 PMMA 레진을 적용하여 NaOCl 적용에 따른 결합강도의 감소 변화와 sodium ascorbate<sup>22)</sup>에 의한 환원 효과를 실험하였다.

## V. 결 론

본 연구의 결과를 통해 치수강 상아질에 대한 5.25% NaOCl 용액의 적용 시간이 20분을 넘어서면 결합강도의 감소가 초래될 수 있으며, 이러한 변화가 40분과 80분으로 적용시간이 증가되면 더욱 현저하여 짐을 확인하였다. 또한 5.25% NaOCl 용액의 적용시간이 40분을 넘지 않는 경우에는 10분 동안의 10% sodium ascorbate 처리가 결합강도의 회복에 큰 효과를 나타내었으나, 5.25% NaOCl 용액의 적용시간이 80분 이상인 경우에는 10% sodium ascorbate의 10분 처리가 결합강도의 회복에 도움이 되지 않음을 알 수 있었다.

주사전자현미경 관찰상에서도 40분과 80분 이상 NaOCl 용액을 치수강에 적용한 시편에서는 형성된 resin tag의 길이가 현저히 줄어들고 있으며 끝부분에서 서로 융합되는 양상을 보여주고 있으나, sodium ascorbate의 일정시간 처리 후 resin tag들이 비교적 명확하게 다시 형성되고 있음을 확인하였다. 그러나 조밀도(density)나 개개 resin tag의 두께 및 균질성(homogeneity)은 여전히 대조군 시편에 비해 미약함을 보여줌으로써 5.25% NaOCl 용액의 임상적 사용 시 주의가 요구됨을 제시하고 있다.

## 참고문헌

1. Ray HA and Trope M. Periapical status of endodontically treated teeth in relation to the technical quality of the root filling and the coronal restoration. *International Endodontic Journal* 28:12-18, 1995
2. Davidson CL, De Gee AJ, Feilzer AJ. The competition between the composite-dentin bond strength and the polymerization contraction stress. *Journal of Dental Research* 63:1396-9, 1984
3. Feilzer AJ, De Gee AJ, Davidson CL. Quantitative determination of stress reduction by flow in composite restorations. *Dental Materials* 6:167-71, 1990
4. Carvalho RM, Pereira JC, Yoshiyama M, Pashley DH. A review of polymerization contraction: the influence of stress development versus stress relief. *Operative Dentistry* 21:17-24, 1996
5. Ausiello P, De Gee AJ, Rengo S and Davidson CL. Fracture resistance of endodontically-treated premolars adhesively restored. *American Journal of Dentistry* 10:237-241, 1995
6. Hernandez R, Bader S, Boston D and Trope M. Resistance to fracture of endodontically treated premolars restored with new generation dentine bonding systems. *International Endodontic Journal* 27:281-284, 1995
7. Belli S, Zhang Y, Pereira PNR and Pashley DH. Adhesive sealing of the pulp chamber. *Journal of Endodontics* 27:521-526, 2001
8. Haak R, Wicht MJ, Noack MJ. Does chemomechanical caries removal affect dentin adhesion? *European Journal Oral Science* 108:449-455, 2000
9. Cox CF, Hafez AA, Akimoto N, Otsuki M, Suzuki S, Tarim B. Biocompatibility of primer, adhesive and resin composite systems on non-exposed and exposed pulps of non-human primate teeth. *American Journal of Dentistry* 11(Spec No):S55-63, 1998
10. Nikaido T, Takano Y, Sasafuchi Y, Burrow MF, Tagami J. Bond strength to endodontically-treated teeth. *American Journal of Dentistry* 12:177-180, 1999
11. Morris MD, Lee KW, Agee KA, Bouillaguet S, Pashley DH. Effects of Sodium Hypochlorite and RC-Prep on Bond Strengths of Resin Cement to Endodontic Surfaces. *Journal of Endodontics* 27(12): 753-757, 2001
12. Frankenberger R, Kramer N, Oberschachtsiek H, Petschelt A. Dentin bond strength and marginal adaptation after NaOCl pre-treatment. *Operative Dentistry* 25:40-45, 2000
13. Lai SCN, Mak UF, Cheung GSP, Osorio R, Toledano M, Carvalho RM, Tay FR, and Pashley DH. Reversal of Compromised Bonding to Oxidized Etched Dentin. *Journal of Dental Research* 80(10):1919-1924, 2001
14. Rose RC, Bode AM. Biology of free radical scavengers : an evaluation of ascorbate. *FASEB J* 7:1135-1142, 1993
15. 전수연, 이광원, 유미경. NaOCl로 처리된 치수강 상아질에서 sodium ascorbate가 미세인장결합강도에 미치는 영향. *대한치과보존학회지* 33(6):545-552, 2008
16. Torneck CD, Titley KC, Smith DC, Adibfar A. Adhesion of light-cured composite resin to bleached and unbleached bovine dentin. *Endodontic Dental Traumatology* 6:97-103, 1990
17. Rueggeberg FA and Margeson DH. The effect of oxygen inhibition on an unfilled/filled composite system. *Journal of Dental Research* 69:1652-1658, 1990
18. Weston HC, Ito S, Wadgaonkar B, Pashley DH. Effects of time and concentration of sodium ascorbate on reversal of NaOCl-induced reduction in bond strengths. *Journal of Endodontics* 33(7):879-881, 2007
19. Vongphan N, Senawongse P, Somsiri W and Harnirattisa C. Effects of sodium ascorbate on microtensile bond strength of total-etching adhesive system to NaOCl treated dentine. *Journal of Dentistry* 33(8):689-695, 2005
20. O'Keefe KL, Powers JM. Adhesion of resin composite corematerials to dentin. *International Journal of Prosthodontics* 14(5):451-6, 2001
21. Kijssamanmith K, Timpawat S, Harnirattisai C, Messer HH. Micro-tensile bond strengths of bonding agents to pulpal floor dentine. *International Endodontic Journal* 35(10):833-9, 2002
22. 손정룡, 이계영, 강유미, 오영택, 이광원, 김태균. 과산화수소의 농도와 적용시간이 상아질의 깊이에 따라 레진 수복물의 미세 인장결합강도에 미치는 영향. *대한치과보존학회지* 34(5): 406-414, 2009

## 국문초록

## NaOCl의 적용 후 치수강 상아질에 대한 결합강도의 변화와 Sodium Ascorbate에 의한 환원 효과

권수미 · 김태균 · 유미경 · 이광원\*

전북대학교 치의학전문대학원 치과보존학교실, 구강생체과학연구소

본 연구에서는 치수강이 개방된 근관와동에 5.25% NaOCl 용액을 각각 다른 시간 동안 적용시킨 뒤 접착레진에 의한 미세 인장결합강도의 변화를 측정하였으며, 10% sodium ascorbate를 NaOCl 용액에 일정시간 노출시킨 상아질에 다시 10분 동안 적용하여 결합강도에 미치는 효과를 연구하고자 하였다.

연구결과 본 실험에서 상부 치수강 상아질과 하부 치수강 상아질에 대한 결합강도는 모든 실험군내에서 유의한 차이 ( $P>0.05$ )를 보이지 않았다. 5.25% NaOCl 용액을 적용하지 않고 치수강 상아질에 접착시킨 대조군에 비해 20분간 적용시킨 실험군에서는 결합강도의 감소가 초래되었으나 통계적인 유의성 ( $P>0.05$ )은 없었다. 그러나 5.25% NaOCl 용액을 40분과 80분 동안 치수강 상아질에 적용시킨 실험군에서는 대조군에 비해 유의하게 낮은 ( $P<0.05$ ) 결합강도의 변화를 나타내었다. 5.25% NaOCl 용액을 40분동안 그리고 10% sodium ascorbate를 10분간 처리한 실험군에서는 유의한 결합강도의 회복을 나타내었다. 그러나 5.25% NaOCl 용액을 80분 동안 그리고 10% sodium ascorbate를 10분간 적용한 실험군에서는 대조군에 비해 통계적으로 유의한 차이 ( $P<0.05$ )를 보임으로써 여전히 결합강도가 회복되지 못하고 있음을 나타내었다. 5.25% NaOCl 용액을 5분간 적용한 뒤 10% sodium ascorbate를 10분간 적용한 실험군에서는 오히려 대조군에 비해 높은 결합강도 ( $P<0.05$ )를 보여줌으로써 높은 회복효과를 나타내었다.

**주요단어:** NaOCl, 치수강 상아질, 결합강도, Sodium Ascorbate, 환원 효과