

# 다양한 성분의 지각과민치제제가 4세대 상아질 접착제의 접착력에 주는 영향

조재형, 김기동, 석수황, 임범순\*

서울대학교 치의학대학원 치과생체재료과학교실, 치학연구소

## The effect of various desensitizers on the bond strength of the 4<sup>th</sup> generation dentin adhesive system

Jae-Hyung Cho, Kidong Kim, Soo-Hweang Seok, Bum-Soon Lim\*

*Dept. of Dental Biomaterials Science and Dental Research Institute, School of Dentistry, Seoul National University, Seoul, 110-749, Korea.*

(Received: Dec. 1, 2014; Revised: Dec. 17, 2014; Accepted: Dec. 17, 2014)

DOI : <http://dx.doi.org/10.14815/kjdm.2014.41.4.281>

### ABSTRACT

The purpose of this study was to evaluate the effect of shear bond strength and microleakage between dentin and dentin adhesive system after application of dentin desensitizers. Ten desensitizers (UltraEZ, Gluma Desensitizer, MicroPrime G, Systemp desensitizer, SuperSeal, BisBlock, MS-Coat One, Seal&Protect, HurriSeal and Zarosen) were evaluated. Each desensitizer was applied to the dentinal surface and composite resin (Filtek Z-250) was bonded to dentin using dentin adhesive system (Scotchbond MultiPurpose). Then, shear bond strength was measured using an universal testing machine. For microleakage test, class V cavities were prepared and cavities were restored with composite resin using dentin bonding agent after desensitizers application. The data were analyzed using t-test and Newman-Keuls multiple comparisons test ( $p=0.05$ ). There were no statistical differences in bond strength between the control (24.23 MPa) and the experimental groups treated with HurriSeal (24.99 MPa), Zarosen (24.13 MPa), Gluma Desensitizer (22.44 MPa), MicroPrime G (21.64 MPa), Systemp desensitizer (19.15 MPa), MS-Coat (18.64 MPa), UltraEZ (18.17 MPa). The experimental groups with Seal&Protect (11.71 MPa), SuperSeal (9.12 MPa), BisBlock (8.66 MPa) yielded significantly lower bond strength than the control. There were no statistical differences in microleakage between control group and the experimental groups except for groups treated with SuperSeal and BisBlock.

Keywords: dentin hypersensitivity, dental desensitizer, dentin adhesive system, shear bond strength, microleakage

### INTRODUCTION

지각과민증은 임상에서 흔히 볼 수 있는 동통으로 치과의사나 환자 모두에게 해결되어야 할 중요한 문제이다. 상아질 지각과민증은 치아의 손상이나 질병에 의한 것이 아니라 정상적인 치아에서 외부 자극 (열, 기화, 삼투압, 화학물질 및 접촉 등)에 의해 발생하는 짧고 강한

통증으로 정의하고 있으며 (Holland 등, 1997; Dababneh 등, 1999; Walters, 2005), dentin sensitivity, pulpal sensitivity, tooth sensitivity, cervical sensitivity, dentin hypersensitivity 및 tooth hypersensitivity 등의 용어로 통용되고 있다 (Troil 등, 2002). 지각과민증은 노출된 상아질에서 주로 나타나며, 이러한 상아질 노출은 잇솔질에 따른 만성적 외상, 환경에 의한 산-부식, 위산 역류, 또는 식습관, 백아법랑 경계의 해부학적 요인, 수복 치료시의 치아삭제, 치주질환이나 치주 수술로 인한 치은 퇴축 등에 의한 치근 표면의 노출 등으로 나타날 수 있다 (Addy 등, 1994). 지각과민증은 보통 인구의 8-35%

\* 이 논문은 2013년도 정부 (교육부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 기초연구사업임 (No. NRF-2013RIA1A2005410).

\*\* 교신저자: 서울시 종로구 연건동 28 서울대학교 치과대학 치과생체재료과학교실, 임범순

**Table 1.** Dentin desensitizing agent used in this study

Desensitizer	Composition	pH	Manufacturer
UltraEZ	potassium nitrate (3%), NaF (0.25%)	6.8	Ultradent, USA
Gluma Desensitizer	glutaraldehyde (5%), HEMA (36%), DW	1.8-3.4	Heraeus Kulzer, Germany
MicroPrime G	glutaraldehyde (5%), HEMA (35%), NaF (10 ppm), DW	3.6	Danville Materials, USA
Systemp desensitizer	glutaraldehyde (5%), polyethylene glycol-dimethacrylate (35%), maleic acid ((0.01), DW	-	Ivoclar Vivadent, Liechtenstein
SuperSeal	oxalic acid, potassium salt, DW	1.6-2.7	Phoenix Dental, USA
BisBlock	oxalic acid (<5%), potassium salt, adhesive, DW	1.5-1.8	Bisco, USA
MS-Coat One	oxalic acid (1%), methylmethacrylate p-styrenesulfonic acid (3%), prepolymerized resin suspension	1	Sun Medical, Japan
Seal&Protect	di- and tri-methacrylate resins, PENTA, nanofillers, cetylamine hydrofluoride, triclosan, acetone	1.5	Dentsply Caulk, USA
HurriSeal	benzalkonium chloride (5%), HEMA (35%), NaF (0.5%), DW	5.5-6.4	Beutlich Pharmaceutical, USA
Zarosen	copal resin (6.9%), strontium chloride (0.146%)	-	Cetylite Industries, USA

에서 발현된다고 하는데, 남성보다 여성들에서 다소 많이 보고되고 있으며, 견치와 소구치 및 설측부에서 더 많이 관찰되었다고 한다 (Addy 등, 1987; Orchardson과 Collins, 1987; Chabanski와 Gillam, 1997).

상아질 지각과민증의 발현기전으로 유체역학 (hydrodynamic) 이론이 일반적으로 받아들여지고 있다. 즉, 상아질이 노출되면 외부 자극에 의한 상아세관 내 액체의 이동으로 조상아 세포, 신경말단 또는 혈관 등에 자극을 가하여 통증이 유발된다는 것이다 (Brännström 등, 1967). 지각과민증을 보이는 상아질은 대부분 상아세관이 노출되어 투과성이 높기 때문에 이론적으로 상아세관의 투과도를 감소시키거나 완전히 소멸시킬 경우에는 상아질 지각과민증 증상이 감소 또는 소멸되어야 한다 (Pashley, 1984; Pashley, 1996). 상아질 지각과민증 치료를 위하여 신경의 탈분극을 유도하는 포타슘 이온 ( $K^+$ ) 농도를 높여서 자극에 대한 치수 내 감각 신경의 흥분을 억제하는 방법과 상아세관을 봉쇄시켜 상아세액의 이동을 차단하는 방법이 임상에서 적용되고 있다 (Pashley, 1986). 상아질 지각과민치제제의 치유 기전은 아직까지 명확하게 밝혀지지 않았지만, 현재 사용되고 있는 대부분의 지각과민치제제는 상아질 표면을 밀폐, 상아세액의 단백질 침착 및 칼슘 복합체 형성 등으로 상아세관을 봉쇄하거나 또는 노출된 상아세관의 지름을 감소시켜 상아세액 이동을 억제하는 방법으로 지각과민증을 완화시키고 있다 (Orchardson과 Gillam, 2006).

지각과민치제제 제품으로는 바니시, 침전 유도제제 및 HEMA 등 레진을 포함하는 프라이머 등이 있다. 그러나 구성성분과 작용기전이 다양한 지각과민치제제는 제품에 따라 상아질 접착제의 접착을 방해할 가능성이 있어서

상아질에 접착한 컴포짓트 레진 수복물의 유지력과 접착부의 밀폐성 유지에도 영향을 줄 수 있다 (Yiu 등, 2005; Silva 등, 2010; Arisu 등, 2011). 따라서 본 연구에서는 다양한 성분의 지각과민치제제를 상아질에 적용하고 상아질 접착제를 도포한 다음 미리 중합한 컴포짓트 레진 블록을 접착시켜 전단결합강도를 비교하고자 하였고, 또한 자연치에 형성한 5급 와동에 지각과민치제제를 적용하고 상아질 접착제를 도포한 다음 컴포짓트 레진으로 수복하여 미세변연누출을 평가하여 지각과민치제제가 상아질 접착력에 주는 영향을 알아보고자 하였다.

## 연구 재료 및 방법

### 1) 연구 재료

지각과민치제제는 현재 임상에서 사용되고 있는 제품 10종을 사용하였다 (Table 1). Potassium nitrate를 주요 성분으로 제품 1종 (UltraEZ), glutaraldehyde를 주요 성분으로 제품 3종 (Gluma Desensitizer, MicroPrime G 및 Systemp desensitizer), oxalic acid를 주요 성분으로 하는 제품 3종 (SuperSeal, BisBlock 및 MS-Coat One), benzalkonium chloride를 주요성분으로 하는 제품 1종 (HerriSeal), strontium chloride를 주요성분으로 하는 제품 1종 (Zarosen), PENTA 등 레진계 제품 1종 (Seal & Protect)을 대상으로 시험하였다.

### 2) 전단결합강도 (shear bond strength) 측정

교정치료를 위하여 발치된 건전한 자연치 중에서 수

복치료를 하지 않고 치아 우식증이 없는 상하악 소구치 77개 선별하였다. 각 치아는 전단결합강도 측정을 위하여 교합면이 밀면에 평행하도록 자가중합형 아크릴릭 레진으로 포매한 다음, 모델 트리머 (MT10, Ray Foster, USA)로 치관부 상아질이 노출될 때까지 삭제한 후 SiC 연마지 (#600)로 연마하였다. 이때 노출된 상아질 면은 아크릴 레진 블럭의 밀면에 평행하고 치수가 노출되지 않도록 하였으며 증류수에 1일간 보관하였다. 대조군과 10개 실험군에 각각 치아 7개씩을 무작위로 배분하고, 상아질 표면을 35% 인산 (Vericom, Korea)으로 산-부식 처리한 후 각 지각과민치치제를 제조사의 설명서에 따라 도포하였으며, 지각과민치치제를 도포하지 않은 군을 대조군으로 하였다. 지각과민치치제로 처리한 상아질에 제 4세대 상아질 접착제인 Scotchbond MultiPurpose (3M ESPE, USA)를 제조사의 설명서에 따라 적용한 다음 미리 중합한 원통형 (지름 3.5 mm × 높이 5 mm) 컴포지트 레진 (Filtek Z250, 3M ESPE, USA) 블럭을 접착하고 광중합하였다.

컴포지트 레진을 완성된 시편은 증류수 (37°C)에 24시간 보관한 후 만능시험기 (4422, Instron, USA)에 시편을 고정하고 상아질과 상아질 접착제의 계면부위에 1 mm/min 하중속도로 파절이 일어날 때까지 전단응력을 가하여 전단결합강도를 측정하였다.

### 3) 미세누출 (microleakage) 평가

교정치료를 위하여 발치된 건전한 자연치 중에서 수복치료를 하지 않고 치아 우식증이 없는 상하악 소구치 55개를 선별하여 카바이드 버 (No. 330, Komet, Germany)로 치아에 5급 와동 (가로 2 mm × 세로 4 mm × 깊이 2 mm)을 형성한 다음 증류수에 보관하였다. 대조군과 10개의 실험군에 치아 5개씩을 무작위로 배분한 다음 치아에 5급 와동을 형성하고 35% 인산으로 산-부식 처리한 후 각 지각과민치치제를 제조사의 설명서에 따라 노출된 상아질 표면에 도포하였고, 대조군은 아무런 처치도 하지 않았다. 지각과민치치제 적용을 완료한 5급 와동에 상아질 접착제 (Scotchbond MultiPurpose)를 도포하고 컴포지트 레진 (Filtek Z-250)을 적층 충전한 다음 광중합하였다. 컴포지트 레진으로 수복한 5급 와동 계면 부위를 컴포지트 레진 전용 연마제인 Enhance (Dentsply, USA)로 매끈하게 연마한 다음 증류수 (37°C)에 24시간 보관하였다.

컴포지트 레진으로 수복된 계면에서 약 2 mm 정도 간격을 남기고 투명한 nail varnish를 도포하여 컴포지트

레진 수복물의 접착 계면 이외에서 색소가 침투하지 못하도록 한 다음 시편을 2% methylene blue (Aldrich, USA) 염색 용액 (37°C)에 보관하였다. 염색 용액에 침지하여 4시간이 경과한 후 시편을 꺼내어 시편에 묻어 있는 염색용액을 깨끗이 세척한 다음 저속 다이아몬드 톱 (Isomet 1000, Buehler, USA)으로 와동 중앙에서 치아의 장축을 따라 절단하였다. 절단한 시편에서 와동벽을 따라 색소가 침투된 정도를 실체 현미경 (SMZ-U, Nikon, Japan)으로 평가하였다.

미세누출 정도는 계면에서 색소 침투가 전혀 관찰되지 않은 경우를 "0", 색소 침투가 치은 측벽의 1/2를 초과하지 않는 경우는 "1", 색소 침투가 치은 측벽의 끝 부위까지 진행된 경우는 "2", 색소 침투가 치은 측벽을 초과하여 와동 바닥을 포함하여 침투한 경우는 "3"으로 하여 상아질 수복물의 계면에서 미세누출을 평가하였다.

## 연구 결과

### 1) 전단결합강도

대조군과 실험군에서 측정한 전단결합강도 결과는 Table 2와 같다. 지각과민 치치제를 도포하지 않은 대조군의 전단결합강도는  $24.23 \pm 4.21$  MPa이었고, 실험군중에서 benzalkonium chloride가 주요 성분인 HurriSeal은  $24.99 \pm 4.53$  MPa, strontium chloride를 함유한 Zarosen은  $24.13 \pm 4.71$  MPa로 대조군과 매우 유사한 전단결합강도를 보였다. Glutaraldehyde가 주요 성분인 제품에서 Gluma Desensitizer는  $22.44 \pm 5.70$  MPa, MicroPrime G는  $21.64 \pm 5.11$  MPa, Systemp desensitizer는  $19.15 \pm 4.97$  MPa로 전단결합강도는 대조군과 유의한 차이를 보이지 않았다 ( $p > 0.05$ ). Potassium nitrate를 함유한 UltraEZ를 적용한 경우도 전단결합강도는  $18.17 \pm 3.63$  MPa로 대조군과 유의한 차이는 없었다. Oxalic acid를 주성분으로 하는 지각과민치치제에서 SuperSeal과 BisBlock은 각각  $9.12 \pm 2.21$  MPa와  $8.66 \pm 2.60$  MPa로 대조군 보다 유의하게 낮은 전단결합강도를 보였지만, MS-Coat One은  $18.64 \pm 5.78$  MPa로 대조군과 유의한 차이는 없었다 ( $p > 0.05$ ). 레진이 주성분인 Seal&Protect를 적용한 경우 전단결합강도는  $11.71 \pm 4.40$  MPa로 대조군보다 유의하게 낮았다 ( $p < 0.05$ ).

**Table 2.** Shear bond strength (MPa) of experimental groups

Desensitizer	Shear bond strength (MPa)
Control	24.23 ± 4.21 <sup>a</sup>
UltraEZ	18.17 ± 3.63 <sup>a</sup>
Gluma Desensitizer	22.44 ± 5.70 <sup>a</sup>
MicroPrime G	21.64 ± 5.11 <sup>a</sup>
Systemp desensitizer	19.15 ± 4.97 <sup>a</sup>
SuperSeal	9.12 ± 2.21 <sup>b</sup>
BisBlock	8.66 ± 2.60 <sup>b</sup>
MS Coat One	18.64 ± 5.78 <sup>a</sup>
Seal&Protect	11.71 ± 4.40 <sup>b</sup>
HurriSeal	24.99 ± 4.53 <sup>a</sup>
Zarosen	24.13 ± 4.71 <sup>a</sup>

Note: At the 0.05 significance level, the means of any two groups with the same superscript letters are not significantly different.

## 2) 미세변연누출

미세변연누출을 평가한 결과는 Table 3과 같다. 지각과민치치제를 도포하지 않고 컴포짓트 레진으로 수복한 대조군에서는 색소가 전혀 침투하지 않아 침투계수가 “0”인 경우가 3개, 침투계수가 “1”인 경우가 2개로 관찰되었다. Gluma Desensitizer, Seal&Protect 및 Zarosen을 적용한 실험군은 “0”이 3개와 “1”이 2개였으며, UltraEZ, MicroPrime G, MS-Coat One 및 HurriSeal을 적용한 실험군은 대조군과 유사하였지만, SuperSeal 실험군은 “1”이 2개와 “2”가 3개, BisBlock 실험군은 “0”이 1개, “1”이 2개 및 “2”가 2개로 상대적으로 높은 침투계수 값이 관찰되었다.

**Table 3.** Microleakage score of experimental groups

Groups	N (sample)	Microleakage score			
		0	1	2	3
Control	5	3	2	0	0
UltraEZ	5	2	3	0	0
Gluma Desensitizer	5	3	2	0	0
MicroPrime G	5	2	3	0	0
Systemp desensitizer	5	2	2	1	0
SuperSeal	5	0	2	3	0
BisBlock	5	1	2	2	0
MS-Coat One	5	2	3	0	0
Seal&Protect	5	3	2	0	0
HurriSeal	5	2	3	0	0
Zarosen	5	3	2	0	0

## 총괄 및 고찰

본 연구에서는 임상에서 사용되고 있는 다양한 성분 의 지각과민치치제로 상아질 표면을 처리하고 4세대 상아질 접착제인 Scotchbond MultiPurpose를 적용한 다음 컴포짓트 레진을 접착시켜 전단결합강도와 미세변연누출을 평가하여 지각과민치치제가 상아질 접착제의 접착력에 주는 영향을 평가 하였다.

상아질 지각과민증은 노출된 상아세관으로 온도 변화, 화학적 변화 및 기계적 자극 등에 의하여 유채압이나 삼투압 변화가 상아세액의 흐름을 변화시켜서 치수 내의 신경섬유에 대한 반응으로 유발되는 동통이다 (Brännström 등, 1967; Brännström, 1986a). 따라서 상아질 지각과민증을 치료하기 위하여 신경의 탈분극을 유도하는 포타슘 이온 농도를 높여서 자극에 대한 치수 내 감각 신경 자극 전달을 억제하는 방법을 적용하거나, 상아세관을 봉쇄하여 상아세액의 흐름을 차단하는 방법이 적용되고 있는데 (Pashley, 1986), 임상에서는 대부분 상아세액의 이동을 방해하거나 또는 상아질 투과성을 감소시킬 수 있는 지각과민치치제가 주로 이용되고 있다 (Brännström 등, 1979; Brännström, 1986b; Trowbridge와 Silver, 1990; Yu 등, 2010).

Peacock와 Orchardson (1999)은 다양한 potassium salts가 신경 전달을 억제할 수 있다고 하였는데, 그중에서 potassium citrate와 potassium tartrate가 가장 효과적으로 신경 전달을 차단하였고, 그 다음은 potassium oxalate, potassium nitrate와 potassium chloride 순서로 우수한 차단 효과가 관찰되었다고 하였다. Mahesuti 등 (2014)은 지각과민증 환자들에게 UltraEZ를 적용한 결과 지각과민증 감소 효과를 관찰할 수 있었다고 하였다. 본 연구에서 시험한 지각과민치치제 중에서 유일하게 신경 전달 억제 효과를 기대할 수 있는 제품으로 potassium nitrate (3%)와 NaF (0.25%)가 주성분인 UltraEZ가 상아질 결합력에 주는 영향을 평가하였다. Türkkahraman과 Adanir (2007)는 법랑질 표면에 potassium nitrate계 지각과민치치제 (UltraEZ) 또는 oxalate계 지각과민치치제 (BisBlock)를 적용한 후 브라켓을 접착하여 접착강도를 비교하였는데, 지각과민치치제를 적용한 법랑질에 접착한 브라켓의 접착강도가 유의하게 낮았다고 하였다. 반면 Yang 등 (2008)은 상아질에 UltraEZ를 적용하고 전부-부식형 상아질 접착제 또는 자가-부식형 상아질 접착제로 컴포짓트 레진을 접착한 후 미세인장접착강도를 측정된 결과 UltraEZ 적용은 상아질 접착력에 영향을 주지 않았다고 하였다. 본 연구에서는 UltraEZ 실험군 (18.17 MPa)이

지각과민치치제를 적용하지 않은 대조군 (24.23 MPa) 보다 평균 전단결합강도는 낮았으나 유의한 차이는 보이지 않았다 ( $p>0.05$ ). 또한 미세누출 시험 결과도 대조군과 유사한 양상을 보여 상아질 접착제 적용 전 UltraEZ로 상아질을 처리하여도 상아질 결합력에는 유의한 영향을 주지 않는 것으로 보였다.

상아세관 내에 불용성 침착물 형성을 유도할 수 있는 제품으로 glutaraldehyde를 주요 성분으로 하는 지각과민치치제가 소개되었다. Glutaraldehyde (5%)와 HEMA (35%)가 주요 성분인 Gluma Desensitizer는 상아세관 내에 있는 상아세액 단백질과 결합하여 침착물을 형성하는 기전으로 상아세관을 봉쇄할 수 있는데 (Felton 등, 1991), glutaraldehyde는 콜라겐 생체재료를 가교-결합시킬 수 있는 고정제 또는 응집제 역할을 할 수도 있다 (Dijkman 등, 1994). Glutaraldehyde의 aldehyde기는 상아질 콜라겐에서 lysine (hydroxylysine) 잔류물의  $\epsilon$ -amino기와 가교-결합하여 상아질의 콜라겐 섬유에 접착할 수 있다 (Ritter 등, 2000). Gluma Desensitizer 성분 중 HEMA의 역할은 아직 명확하지 않지만, 수용성 단량체와 결합한 glutaraldehyde가 상아세관 내부로 깊게 침투할 수 있도록 도와주는 역할을 하는 것으로 예상하고 있다. 즉, HEMA는 상아질 콜라겐과 기능성 단량체간 화학반응과 콜라겐 수축을 억제하는 강화제 역할을 하며, 레진 단량체의 확산과 혼성층 형성을 도와 상아질 결합을 향상시킬 수 있다고 한다 (Larson, 2013). 본 연구에서 Gluma Desensitizer를 상아질에 적용한 후 컴포짓트 레진을 접착하여 측정된 상아질 전단결합강도는 22.44 MPa로 대조군과 유사하였으며, 미세누출 시험에서도 동일한 결과를 보여 상아질 접착제 적용 전에 상아질 표면을 Gluma Desensitizer로 처리하여도 상아질에 대한 결합력을 약화시키지 않을 것으로 보였다.

HEMA (25-45%), glutaraldehyde (1-5%) 및 NaF (10 ppm)로 구성된 MicroPrime G는 제조사에서 Gluma Desensitizer와 유사한 효과를 기대할 수 있다고 하였다. Sengun 등 (2006)은 고농도 적용시 MicroPrime G의 세포독성이 Gluma Desensitizer보다 더 높은 것을 제외하면 다른 특성은 유사하다고 하였다. 본 연구에서도 측정된 상아질과의 결합강도는 21.64 MPa로 대조군과 Gluma Desensitizer를 적용한 실험군과 유사하였으며, 미세누출 시험 결과도 대조군과 유사하여 MicroPrime G로 상아질 표면을 처리하여도 상아질 접착력에 주는 영향은 없는 것으로 보였다. 본 연구에서 1개월 이내에 발치된 소구치 또는 대구치를 사용하여 실험하였지만, 실험치인 경우 상아세액 단백질이 소실될 수 있을 것으로 추정되므로

실제 임상에서 생활치에 적용한 경우에는 다소 상이한 결과를 보일 수도 있다.

Stewardson 등 (2004)은 지각과민증 환자 91명에게 Systemp desensitizer를 적용한 결과 동통이 감소되는 우수한 효과가 관찰되었다고 하였다. Glutaraldehyde (5%)와 HEMA를 대체한 35% polyethylene glycol-dimethacrylate (PEG-DMA)가 주요 성분인 Systemp desensitizer는 glutaraldehyde뿐 아니라 PEG-DMA가 주변의 단백질과 반응하여 형성된 침착물로 완벽하게 상아세관을 봉쇄할 수 있다고 한다. Pan과 Huang (2005)은 Seal&Protect, Gluma Desensitizer 및 Systemp desensitizer 등으로 처리한 상아질의 상아세관 봉쇄정도를 SEM으로 관찰하여 비교하였는데, 상아질 투과성 감소 효과는 Gluma Desensitizer와 Systemp desensitizer가 Seal&Protect 보다 우수하였다고 하였다. 본 연구에서 평가한 3가지 glutaraldehyder계 지각과민치치제중에서 Systemp desensitizer가 가장 낮은 평균 전단결합강도를 보였지만, 유의한 차이는 보이지 않았다 ( $p>0.05$ ).

상아세관 내에 불용성 침착물을 형성하는 방법으로는 옥살산염 (oxalate) 성분을 이용한 제품도 소개되었다. 옥살산염은 가격이 저렴하고 적용이 쉬우며 환자에게 주는 불편감이 적어서 다양한 형태의 지각과민치치제로 출시되었다 (Wang 등, 1993; Muzzin과 Johnson, 1989). 노출된 상아질에 potassium oxalate를 적용하면 상아질 표면의 칼슘이온과 반응하여 calcium oxalate 불용성 침착물이 형성되어 상아세관이 봉쇄될 수 있다고 한다. Greenhil과 Pashley (1981)는 30% potassium oxalate를 적용하면 상아질의 투과도를 98% 감소시킬 수 있다고 하였고, 또한 포타슘 이온의 감각신경 활성화 억제 효과도 상아질 지각과민증을 감소시키는데 추가로 기여할 수 있다고 하였다 (Trowbridge와 Silver, 1990). 그러나 Muzzin과 Johnson (1989)은 옥살산염이 효과적으로 상아세관을 봉쇄할 수 있지만, 표면 침착물이 타액에 쉽게 용해될 수 있어서 그 효과가 단기간에만 유효할 수 있기 때문에 지속적인 상아세관 봉쇄 효과를 얻기 위하여 자주 도포해야 한다고 하였다. Kerns 등 (1991)은 상아질 표면에 생성된 옥살산염 결정상의 유지 기간을 관찰한 결과 potassium oxalate를 도포하고 7일이 경과한 후에는 옥살산염 결정상이 거의 잔류되지 않아 비교적 단기 효과만 기대할 수 있다고 하였다.

Oxalic acid와 potassium salt를 함유한 SuperSeal은 포타슘 이온에 의한 치수 감각 신경의 흥분을 억제시키는 기전 뿐 아니라, 상아질 표면이나 상아세관내 칼슘이온과의 반응으로 빠르게 calcium oxalate 침착물을 형

성하여 상아세관을 봉쇄하는 기전이 함께 적용될 수 있으므로 지각과민증에 우수한 효과를 낼 수 있다고 하였다. 비록 실험 방법에서 다소 차이가 있지만 많은 연구에서 potassium oxalate계 지각과민치치제의 상아세관 투과도 감소 효과가 88-98% 정도로 보고되는 등 우수한 상아세관 차단 효과와 상아질 지각과민증 억제 효과가 보고되고 있다 (Cunha-Cruz 등, 2011). Oxalate계 지각과민치치제가 상아세관 봉쇄 효과만으로 우수한 지각과민증을 감소시킨 결과를 보면 실제 임상 적용시 포타슘 이온 작용까지 동반할 수 있다면 상아질 지각과민증 억제 효과가 더욱 향상될 것으로 기대해 볼 수 있다. 그러나 본 연구에서는 상아질 표면에 형성된 calcium oxalate 침착물의 영향 때문인지 상아질 결합강도는 9.12 MPa로 대조군에 비교하여 유의하게 낮았으며 ( $p < 0.05$ ), 미세누출 시험에서도 색소 침투 정도가 많이 관찰되어 상아질 표면을 SuperSeal로 처리한 경우 상아질 결합력이 감소되는 것으로 보였다. Pashley 등 (1993)은 산-저항성이 있는 calcium oxalate 결정상이 침착된 표면층은 하부의 탈회된 콜라겐 기질로 프라이머와 접착용 레진이 침투하는 것을 방해하여 oxalate로 처리한 상아질에 대한 접착력이 약화될 수 있다고 하였고, Tay 등 (2003)은 법랑질 경계부위를 포함한 와동을 산-부식처리하고 oxalate를 적용하면 법랑질 표면에 calcium oxalate 결정상이 침착되어 레진-법랑질간 결합을 방해할 수 있다고 하였다.

Oxalic acid를 함유한 BisBlock은 접착제에 의한 상아질 밀폐 효과 없이 oxalate만으로 상아세관 투과도 감소 효과가 매우 우수하였다고 하였는데, 제조사의 설명서에 따라 추가로 접착제를 적용할 경우 레진 접착제에 의한 부가적인 상아세관 봉쇄 효과가 다른 지각과민치치제 보다 우수하였다는 발표된 연구는 거의 없는 것으로 보인다. SuperSeal과 BisBlock의 경우는 친수성인 potassium oxalate가 노출된 상아세관에서 calcium oxalate 침착물을 형성하여 상아세관을 봉쇄할 수 있으며, oxalic acid는 도말층 제거뿐 아니라 potassium oxalate가 상아세관 내부 깊은 부위까지 침투할 수 있도록 도움을 준다고 하였다 (Pashley와 Galloway, 1985). 그러나 SuperSeal (pH 1.6-2.7)과 BisBlock (pH 1.5-1.8)의 낮은 pH가 상아질에 과도한 산-부식 효과를 유발하고, 상아질의 탈회를 촉진시켜 결합력을 감소시킬 수 있는 원인이 될 수 있는데, 이전의 연구에서 과도하게 산-부식처리된 상아질에서는 접착강도가 현저히 감소되었다는 결과가 보고된 바 있다 (Hashimoto 등, 2002; Carrilho 등, 2005; Toledano 등, 2007). 또한 SuperSeal과 BisBlock을 적용하면 oxalic acid가 상아질 표면의 칼슘과 반응하여 형성된 결정상

형태의 석출물은 상아질 접착력을 감소시킬 수 있다고 하는데 (de Andrade 등, 2010), 본 연구에서도 SuperSeal과 BisBlock을 적용한 실험군에서 이러한 원인들이 상아질 접착제의 접착력을 약화시킨 요인으로 작용한 것으로 보인다.

MS-Coat One은 oxalic acid, polystyrene sulfonic acid, PMMA 및 레진 유화제 등을 포함하는 아크릴릭 레진과 수성 콜로이드 혼합물로 치질과 화학 반응으로 형성된 침착물이 상아질 세관을 봉쇄하여 외부 자극을 차단할 수 있다고 한다. A용액과 B용액으로 구성되었으며 B용액 (1% oxalic acid, 증류수)은 노출된 상아질과 상아세관 내의 칼슘이온과 반응하여 칼슘화합물 결정을 형성하여 침착물을 생성시킨다. A용액 (3% sulfonic 공중합체, 증류수)은 아교형 고분자 화합물로 B용액에 의한 침착물을 가교-결합으로 고형화하여 장기간 상아세관 개방부위를 견고하게 봉쇄시킨다고 한다. Camps 등 (1999)은 MS-Coat One으로 처리한 상아질에서 투과도가 감소되어 다른 oxalate계 지각과민치치제들과 유사한 효과가 관찰되었다고 하였다. MS-Coat One에는 oxalic acid가 포함되어 calcium oxalate 침착물을 형성할 수 있으며, calcium oxalate 침착물이 공중합체 유화액 (emulsion)에 의해 응집되어 한 덩어리가 될 수 있다 (Pashley 등, 2001). 또한 MS-Coat One의 높은 산도 (pH 1)는 상아질 표면에 형성된 침착물은 상아질 접착제의 중합을 방해할 수 있어서 상아질에 대한 접착력이 감소될 수 있다. 그러나 본 연구에서는 MS-Coat One을 적용한 실험군에서 전단 접착강도는 다소 낮은 값을 보였지만, 유사한 oxalate계 제품인 SuperSeal 또는 BisBlock과 달리 대조군과 유의한 차이는 보이지 않았다 ( $p > 0.05$ ).

항균 작용을 하는 triclosan, 기능성 단량체인 PENTA (dipentaerythritol pentaacrylate monophosphate)와 methacrylate계 레진, 광개시제 및 필러 등으로 구성된 Seal & Protect는 자가-부식형 접착제와 유사한 방식으로 혼성층을 형성하여 상아세관 입구를 봉쇄하는 것으로 추정하고 있다. 그러나 자가-부식형 접착제가 형성한 혼성층의 경우 투과성이 있다고 하는데 (Itthagarun 등, 2004), Seal & Protect를 1회만 도포하는 경우에도 형성된 친수성 층이 상아세관을 효과적으로 봉쇄하기 어려울 수 있기 때문에 제조사에서는 Seal & Protect를 2개 층으로 도포하면 두 번째 층이 첫 번째 층의 밀폐도를 강화할 것으로 기대하여 2회 도포할 것을 추천하고 있다. 여러 연구에서 Seal & Protect의 우수한 상아세관 차단 능력과 지각과민증 억제 효과가 보고되었지만 (Camps 등, 2002; Pamir

등, 2007), 상아질 표면을 보호하는 레진층을 형성하고 상아세관 내로 레진 태그를 형성하기 때문에 순차적으로 적용하는 상아질 접착제가 혼성층을 형성하는데 문제가 있을 수 있다 (Kolker 등, 2002). 이러한 이유로 본 연구에서 측정된 상아질에 대한 접착력이 낮게 관찰된 것으로 보였으며, 또한 Seal& Protect의 낮은 pH (1.5)도 결합력에 영향을 준 것으로 보였다.

Benzalkonium chloride (5%)가 주요 성분인 HurriSeal은 HEMA (35%), NaF (0.5%) 및 증류수 등으로 구성된 wetting agent로 다양한 유형의 상아질 접착제와 호환성이 우수하며, 레진에 의한 상아세관 봉쇄효과를 얻을 수 있다. Al Qahtani 등 (2003)은 지각과민치치제(Protect, HurriSeal)로 건조된 상아질을 재습윤처리하고 3종의 상아질 접착제 (Syntac Single-Component, OptiBond Solo Plus 및 Prime & Bond NT)로 컴포짓트 레진을 접착한 후 전단접착강도를 비교한 결과 HurriSeal로 처리한 실험군은 대조군과 유사하게 높은 접착강도를 보였다고 하였다. 본 연구에서도 HurriSeal로 처리한 상아질의 평균 전단결합강도가 실험군중에서 가장 높은 값을 보였지만, 대조군과는 유의한 차이를 보이지 않았다 ( $p < 0.05$ ).

지각과민증 감소를 위하여 strontium chloride를 함유하는 다양한 치약과 바니시 제품이 소개되었다 (Cohen, 1961). Zarosen은 strontium chloride (0.146%)와 copal resin (6.9%)으로 구성된 바니시형 지각과민치치제이다. Strontium chloride가 지각과민증을 완화하는 기전은 정확히 알려지지 않았지만, Ross (1961)는 strontium chloride로 상아질을 처리하면 상아세관내 돌기나 상아질내 유기물을 흡수해서 신경 전달이 차단될 수 있다고 하였다. Meffert과 Hoskins (1977)는 스트론튬 이온이 상아질내 유기물과 반응하여 2차 상아질 형성에 관여한다고 하였고, Zappa (1994), Wichgers와 Emert (1996)는 스트론튬 이온이 상아질 내부 깊은 부위까지 침투하여 스트론튬-아파타이트 복합체로 재결정화된다고 하였다. Ross (1961), Uchida 등 (1980), Kishore 등 (2002)은 10% strontium chloride를 지각과민증 환자에게 적용한 경우 상아질 지각과민증이 현저하게 감소된 것을 관찰할 수 있었다고 하였다. 그러나 Zappa (1994)는 10% strontium chloride hexahydrate 함유 치약이 다른 제재와 비교하여 지각과민증을 감소시키지 않는다고 하여 strontium chloride의 효능에 의문을 제기하기도 하였다. 본 연구에서 상아질을 Zarosen으로 처리한 다음 상아질 결합제로 컴포짓트 레진을 접착시켜 측정된 전단결합강도가 대조군과 유사한 높은 값을 보였으며, 미세누출 평가도 대조군과 유사하여 상아질을 Zarosen으로 처리하여도 상아질

결합력에는 영향을 주지 않는 것을 알 수 있었다.

지각과민증 완화에 사용되고 있는 지각과민치치제로는 바니시, 침전 유도제제 및 HEMA 등 레진을 포함하는 프라이머 등이 있는데 구성성분과 작용기전이 다양한 제품에 따라 상아질 접착제의 접착을 방해할 가능성이 있다. 현재 임상에서 사용되고 있는 10종의 지각과민치치제로 상아질 표면을 처리하고 4세대 상아질 접착제인 Scotchbond MultiPurpose를 적용한 다음 컴포짓트 레진을 접착시켜 전단결합강도와 미세변연누출을 평가한 결과 제품에 따라 상아질 접착제의 접착력에 주는 영향은 큰 차이를 보였다.

## 결론

본 연구에서는 상아질에 적용한 다양한 지각과민치치제가 제4세대 상아질 접착제로 접착한 컴포짓트 레진의 접착력과 미세변연누출에 주는 영향을 비교하였다. Potassium nitrate가 주요 성분인 UltraEZ, glutaraldehyde가 주요 성분인 Gluma Desensitizer, MicroPrime G, Systemp desensitizer, benzalkonium chloride가 주요 성분인 HurriSeal 및 strontium chloride가 주요 성분인 Zarosen를 적용한 실험군의 상아질에 대한 접착력은 지각과민치치제를 적용하지 않은 대조군과 유의한 차이를 보이지 않았다 ( $p > 0.05$ ). Oxalic acid를 포함한 제품중에서는 MS Coat One을 적용한 경우 상아질에 대한 접착력에 대한 유의한 영향은 없었으나, SuperSeal과 BisBlock을 적용한 실험군들은 대조군보다 유의하게 낮은 접착력을 보였다 ( $p < 0.05$ ). 또한 상아질 표면에 레진층을 형성하고 pH가 상대적으로 낮은 Seal&Protect를 적용한 실험군도 대조군보다 유의하게 낮은 접착력을 보였다 ( $p < 0.05$ ). 따라서 현재 임상에서 상용중인 지각과민치치제가 상아질의 접착력에 주는 영향은 지각과민치치제의 주요 성분과 제품에 따라 큰 차이를 보이므로 실제 임상 적용시 유의하여야 한다.

## 참고문헌

- Addy M, Mostafa P, Newcombe RG (1987). Dentine hypersensitivity: the distribution of recession, sensitivity and plaque. *J Dent* 15:242-248.
- Addy M, Pearce N (1994). Aetiological, predisposing and environmental factors in dentin hypersensitivity.

- Arch Oral Biol* 39(Suppl):S33-S38.
- Al Qahtani MQ, Platt JA, Moore BK, Cochran MA (2003). The effect on shear bond strength of rewetting dry dentin with two desensitizers. *Oper Dent* 28:287-296.
- Arısu HD, Dalkıhç E, Üçtaşı MB (2011). Effect of desensitizing agents on the microtensile bond strength of a two-step self-etch adhesive to dentin. *Oper Dent* 36:153-161.
- Brännström M, Johnson G, Nordenvall KJ (1979). Transmission and control of dental pain: resin impregnation for the desensitization of dentin. *J Am Dent Assoc* 99:612-618.
- Brännström M, Lindén LA, Aström A (1967). The hydrodynamics of the dental tubule and of pulp fluid. A discussion of its significance in relation to dentinal sensitivity. *Caries Res* 1:310-317.
- Brännström M (1981a). The hydrodynamic theory of dentinal pain: Sensation in preparations, caries, and the dentinal crack syndrome. *J Endo* 12:453-457.
- Brännström M (1981b). The cause of postrestorative sensitivity and its prevention. *J Endod* 12:475-481.
- Camps J, About I, Van Meerbeek B, Franquin JC (2002). Efficiency and cytotoxicity of resin-based desensitizing agents. *Am J Dent* 15:300-304.
- Camps J, Pizant S, Dejou J, Franquin JC (1999). Effects of desensitizing agents on human dentine permeability. *Am J Dent* 12:103-106.
- Carrilho MR, Carvalho RM, Tay FR, Yiu C, Pashley DH (2005). Durability of resin-dentin bonds related to water and oil storage. *Am J Dent* 18:315-319.
- Chabanski MB, Gillam DG (1997). Aetiology, prevalence and clinical features of cervical dentine sensitivity. *J Oral Rehab* 24:15-19.
- Cohen A (1961). Preliminary study of effects of a strontium chloride dentifrice for the control of hypersensitive teeth. *Oral Surg Oral Med Oral Path* 14:1046.
- Cunha-Cruz J, Stout JR, Heaton LJ, Wataha JC (2011). Dentin hypersensitivity and oxalates: a systematic review. *J Dent Res* 90:304-310.
- Dababneh RH, Khouri AT, Addy M (1999). Dentine hypersensitivity - an enigma? A review of terminology, epidemiology, mechanisms, aetiology and management. *Br Dent J* 187:606-611.
- De Andrade e Silva SM, Malacarne-Zanon J, Carvalho RM, Alves MC, De Goes MF, Anido-Anido A, Carrilho MR (2010). Effect of oxalate desensitizer on the durability of resin-bonded interfaces. *Oper Dent* 35:610-617.
- Dijkman GE, Jongebloed WL, de Vries J, Ogaard B, Arends J (1994). Closing of dentinal tubules by glutaraldehyde treatment, a scanning electron microscopy study. *Scand J Dent Res* 102:144-150.
- Felton DA, Bergenholz G, Kanoy BE (1991). Evaluation of the desensitizing effect of Gluma Dentin Bond on teeth prepared for complete-coverage restorations. *Int J Prosthodont* 4:292-298.
- Greenhill JD, Pashley DH (1981). The effects of desensitizing agents on the hydraulic conductance of human dentin in vitro. *J Dent Res* 60:686-698.
- Hashimoto M, Ohno H, Kaga M, Sano H, Tay FR, Oguchi H, Araki Y, Kubota M (2002). Over-etching effects on micro-tensile bond strength and failure patterns for two dentin bonding systems. *J Dent* 30:99-105.
- Holland GR, Narhi MN, Addy M, Gangarosa L, Orchardson R (1997). Guidelines for the design and conduct of clinical trials on dentine hypersensitivity. *J Clin Periodontol* 24:808-813.
- Itthagarun A, Tay FR, Pashley DH, Wefel JS, García-Godoy F, Wei SH (2004). Single-step, self-etch adhesives behave as permeable membranes after polymerization. Part III. Evidence from fluid conductance and artificial caries inhibition. *Am J Dent* 17:394-400.
- Kerns DG, Scheidt MJ, Pashley DH, Horner JA, Strong SL, Van Dyke TE (1991). Dentinal tubule occlusion and root hypersensitivity. *J Periodontol* 62:421-428.
- Kishore A, Mehrotra KK, Saimbi CS (2002). Effectiveness of desensitizing agents. *J Endod* 28:34-35.
- Kolker JL, Vargas MA, Armstrong SR, Dawson DV (2002). Effect of desensitizing agents on dentin permeability and dentin tubule occlusion. *J Adhes Dent* 4:211-221.
- Larson TD (2013). Clinical uses of glutaraldehyde/2-hydroxyethylmethacrylate (GLUMA). *Northwest Dent* 92:27-30.



- Mahesuti A, Duan YL, Wang G, Cheng XR, Matis BA (2014). Short-term efficacy of agents containing KNO<sub>3</sub> or CPP-ACP in treatment of dentin hypersensitivity. *Chin J Dent Res* 17:43-47.
- Meffert RM, Hoskins SW (1977). Effect of a strontium chloride dentifrice in relieving dental hypersensitivity. *J Periodontol* 35:1161.
- Muzzin KB, Johnson R (1989). Effects of potassium oxalate on dentin hypersensitivity in vivo. *J Periodontol* 60:151-158.
- Orchardson R, Collins WJ (1987). Clinical features of hypersensitive teeth. *Br Dent J* 162:253-256.
- Orchardson R, Gillam DG (2006). Managing dentin hypersensitivity. *J Am Dent Assoc* 137:990-998.
- Pamir T, Dalgaz H, Onal B (2007). Clinical evaluation of three desensitizing agents in relieving dentin hypersensitivity. *Oper Dent* 32:544-548.
- Pan MD, Huang YF (2005). The sealing effects of three desensitizers on tubule: an SEM investigation. *Shanghai Kou Qiang Yi Xue* 14:48-50.
- Pashley DH (1984). Smear layer: Physiological considerations. *Oper Dent* 3(suppl):13-29.
- Pashley DH (1986). Dentin permeability, dentin sensitivity, and treatment through tubule occlusion. *J Endod* 12:465-474.
- Pashley DH (1996). Dynamics of the pulpo-dentin complex. *Crit Rev Oral Biol Med* 7:104-133.
- Pashley DH, Carvalho RM, Pereira JC, Villanueva R, Tay FR (2001). The use of oxalate to reduce dentin permeability under adhesive restorations. *Am J Dent* 14:89-94.
- Pashley DH, Galloway SE (1985). The effects of oxalate treatment on the smear layer of ground surfaces of human dentine. *Arch Oral Biol* 30:731-737.
- Pashley EL, Tao L, Pashley DH (1993). Effects of oxalate on dentin bonding. *Am J Dent* 6:116-118.
- Peacock JM, Orchardson R (1999). Action potential conduction block of nerves in vitro by potassium citrate, potassium tartrate and potassium oxalate. *J Clin Periodontol* 26:33-37.
- Ritter AV, Heyamann HO, Swift EJ Jr, Perdiago J, Rosa BT. Effects of different re-wetting techniques on dentin shear bond strengths. *J Esthet Dent* 12:85-96.
- Ross MR (1961). Hypersensitive teeth. Effect of strontium chloride in a compatible dentifrice. *J Periodontol* 32:49-51.
- Sengun A, Buyukbas S, Hakki SS (2006). Cytotoxic effects of dental desensitizers on human gingival fibroblasts. *J Biomed Mater Res B Appl Biomater* 78:131-137.
- Silva SMA, Malcarne-Zanon J, Carvalho RM, Alves AC, de Goes MF, Anido-Anido A, Carrilho MR (2010). Effect of oxalate desensitizer on the durability of resin-bonded interfaces. *Oper Dent* 35:610-617.
- Stewardson DA, Crisp RJ, McHugh S, Lendenmann U, Burke FJ (2004). The Effectiveness of Systemp. desensitizer in the treatment of dentine hypersensitivity. *Prim Dent Care* 11:71-76.
- Tay FR, Pashley DH, Mak YF, Carvalho RM, Lai SC, Suh BI (2003). Integrating oxalate desensitizers with total-etch two-step adhesive. *J Dent Res* 82:703-707.
- Toledano M, Osorio R, Osorio E, Aguilera FS, Yamauti M, Pashley DH, Tay F (2007). Durability of resin-dentin bonds: effects of direct/indirect exposure and storage media. *Dent Mater* 23:885-892.
- Troil BV, Needleman I, Sanz M (2002). A systematic review of the prevalence of root sensitivity following periodontal therapy. *J Clin Periodontol* 29 (Suppl 3):173-177.
- Trowbridge HO, Silver DR (1990). A review of current approaches to in-office management of tooth hypersensitivity. *Dent Clin North Am* 34:561-581.
- Türkkahraman H, Adanir N (2007). Effects of potassium nitrate and oxalate desensitizer agents on shear bond strengths of orthodontic brackets. *Angle Orthod* 77:1096-1100.
- Uchida A, Wakano Y, Fukuyama O, Miki T, Iwayama Y, Okada H (1980). Controlled clinical evaluation of a 10% strontium chloride dentifrice in the treatment of dentine hypersensitivity following periodontal surgery. *J Periodontol* 51:578-581.
- Walters PA (2005). Dentinal hypersensitivity: a review. *J Contemp Dent Pract* 6:107-117.
- Wang HL, Yeh CT, Smith F, Burgett FG, Richards P, Shyr Y, O'neal R (1993). Evaluation of ferric oxalate as an agent for use during surgery to prevent post-operative root sensitivity. *J Periodontol* 64:1040-1044.

- Wichgers TG, Emert RL (1996). Dentine hypersensitivity. *Gen Dent* 44:225-230.
- Yang YD, Xiao HJ, Duan YL, Huang C, Wang YN, Cheng XR (2008). Effect of two different desensitizers on bond strength of dentin bonding agents. *Zhonghua Kou Qiang Yi Xue Za Zhi* 43:356-359 (Chinese).
- Yiu CKY, King NM, Suh BI, Sharp LJ, Carvalho RM, Pashley DH, Tay FR (2005). Incompatibility of oxalate desensitizers with acidic, fluoride-containing total-etch adhesives. *J Dent Res* 84:730-735.
- Yu X, Liang B, Jin X, Fu B, Hannig M (2010). Comparative in vivo study on the desensitizing efficacy of dentin desensitizers and one-bottle self-etching adhesives. *Oper Dent* 35:279-286.
- Zapper U (1994). Self-applied treatments in the management of dentine hypersensitivity. *Arch Oral Biol* 39:107-112S.