수종의 지각과민 처치제 도포 후 칫솔질에 의한 마모가 상아질 투과도에 미치는 영향

연세대학교 대학원

치 의 학 과

이 종 욱

수종의 지각과민 처치제 도포 후 칫솔질에 의한 마모가 상아질 투과도에 미치는 영향

지도 이 근 우 교수

이 논문을 석사 학위논문으로 제출함

2000년 12월 일

연세대학교 대학원

치 의 학 과

이 종 욱

이종욱의 석사 학위논문을 인준함

심사위원 _____ 인

심사위원 _____ 인

심사위원 _____ 인

연세대학교 대학원

2000년 12월 일

감사의 글

먼저 부족한 저에게 이 글을 쓸 수 있는 지혜와 인내를 주신 하나님께 감사드립니다. 본 논문이 완성되기까지 한결같은 사랑과 관심으로 격려하시고 지도해주신 이근우 교수님께 깊은 감사를 드리며 많은 조언과 도움을 주신 정문규 교수님, 김종관 교수님께도 진심으로 감사의 말씀을 올리고 싶습니다. 그리고 오늘의 제가 있기까지 많은 가르침을 주시고 경험을 쌓게 하여주신 보철과의 이호용 교수님, 한동후 교수님, 한종현 교수님, 전영식 교수님, 문홍석 교수님, 심준성 교수님께도 감사를 드립니다.

또한, 본 연구를 위하여 많은 도움을 주고 배려해 준 보철과의 동료 선생님들께도 감사를 드리며, 어려운 원고 작업 과정을 기쁜 마음으로 도와준 서예준 선생님께도 또한 감사를 드립니다.

끝으로 끊임없는 희생과 사랑으로 저를 키워주신 아버지, 어머님과 사랑하는 동생 종윤, 종은이와 기쁨을 함께 하고 싶습니다.

2000년 12월

저자 씀

목 차

도표 목차

국문 요약

수종의 지각과민 처치제 도포 후 칫솔질에 의한 마모가 상아질 투과도에 미치는 영향

지각과민 증상을 호소하는 경우에 지각과민 처치제가 많이 사용되고 있으나, 그 효과는 일시적인 경우가 많은 것이 사실이다. 그 일시적인 효과의 원인으로 생각되어지는 지각과민 처치제의 마모에 대한 효과는 아직까지 충분히 알려져 있지 않았다.

이에 지각과민 처치제 도포 후 칫솔질에 의한 마모가 상아질 투과도에 미치는 영향을 알아보기 위하여 우식이 없는 치아를 이용하여 1㎜두께의 치관부 상아질 디스크를 제작한 다음, Pashely가 고안한 스플릿 챔버 장치를 이용하여 Gluma, Seal & Protect, All-Bond 2, MS Coat의 4종류의 지각과민 처치제를 처리하기 전과 처리한 후, 1주(140회), 2주(280회), 6주(840회)에 해당하는 칫솔질을 적용한 후에 측정한 hydraulic conductance와 주사 전자 현미경 사진과 원자 힘 현미경 사진을 비교, 분석하여 다음과 같은 결과를 얻었다.

1. 모든 군에서 지각과민 처치제 처리 후 hydraulic conductance가 급격히 감소하였다.
2. Gluma, Seal & Protect, All-Bond 2의 지각과민 처치제를 처리한 시편에서는 1주(140회), 2주(280회)의 칫솔질을 시행한 후에 상아질 투과도가 점점 증가하였으나, 6주(840회)의 칫솔질을 시행한 후에는 오히려 상아질 투과도가 감소하였다.
3. MS Coat는 칫솔질의 횟수와는 관계없이 칫솔질을 시행한 후에는 유의성있게 상아질 투과도의 증가를 보였다.
4. 주사 전자 현미경과 원자 힘 현미경 사진 관찰에서는 지각과민 처치제 처리 후 상아 세관의 직경이 감소한 양상을 볼 수 있었다. 또한, MS Coat를 제외한 나머지 3종류의 지각과민 처치제를 처리한 시편에서는 칫솔질을 시행함으로써

상아질의 표면에는 도말층이 생성되는 것을 관찰하였다.

이상의 결과를 보면 지각과민 처치제의 상아세관의 폐쇄 능력은 단기적으로는 효과적으로 보이나 장기적으로는 마모로 인해 상아세관의 폐쇄 능력이 떨어지므로 지각과민을 치료하기 위해서는 지각과민 처치제로 초기 증상을 완화시킨 후, 점차적으로 적절한 칫솔질을 통하여 궁극적으로 지각과민의 증상 완화를 꾀하여야 할 것으로 사료되나, 향후 지각과민 완화를 위한 보다 영구적인 지각과민 처치 방법 및 처치제의 개발이 요구된다.

수종의 지각과민 처치제 도포 후 칫솔질에 의한 마모가 상아질 투과도에 미치는 영향

연세대학교 대학원 치의학과
(지도 이 근 우 교수)
이 종 욱

Ⅰ. 서 론

잘못된 칫솔질 또는 치은퇴축으로 인해서 치경부가 노출된 경우, 수복치료시의 치아삭제, 치주치료 등 때문에 상아질이 노출된 경우에 구강내의 여러 가지 자극에 의해서 종종 지각과민을 호소하는 일이 있다.

지각과민을 설명하는 이론중 가장 널리 받아들여지는 이론은 '유체역학 이론(Hydrodynamic theory)'이다[1]. 이는 외부로부터 자극이 가해지면 상아세관 내 액체의 이동이 일어나게 되고 이는 상아질의 치수 쪽이나 치수내의 기계신경말단을 변형시킴으로써 동통을 전달시킨다는 이론이다[2,3]. 임상적으로 이런 형태의 동통은 온도변화, 고장액(hypertonic solution), 물리적 압력, 압축공기 등과 같이 상아세관액을 팽창시키거나 수축시키는 자극에 의해 일어난다[4]. 그러므로 상아세관을 통한 액체의 이동을 조절함으로써 지각과민을 조절할 수가 있다.

Brännström[5,6]과 Anderson[7] 등은 정수압, 공기의 흐름, 냉·온자극, 음압, 삼투압 등의 여러 자극을 상아질에 가하면 상아세관을 통해서 액체의 흐름이 일어나

결과적으로 동통을 유발시킨다고 주장하였다.

상아질을 통한 액체의 이동에 대하여 Pashely는 스플릿 챔버 장치를 이용하여 hydraulic conductance(L_p)를 측정함으로써 투과도를 정량적으로 계산했다.

상아질의 투과도에 영향을 미치는 요소는 치수내 압력, 상아세관의 길이, 액체의 점조도, 상아세관의 수와 직경 등이 있으나 상아세관의 수와 직경이 가장 중요한 요소가 된다. 특히, 세관의 반지름이 두 배 증가하면 투과도는 2^4배로 증가하므로 (Poiseuille's law), 세관의 직경이 조금만 변해도 투과도에 미치는 영향은 크다고 할 수 있다. 따라서, 세관의 직경을 감소시키거나 세관의 수를 줄임으로써 지각과민을 줄여줄 수가 있다[8].

Johnson 등[9,10,11]은 연마된 상아질과 파절된 상아질에서의 액체의 흐름을 비교한 결과 같은 액체이동을 보이기 위해서는 연마된 상아질에서 훨씬 큰 정수압을 가해야 함을 알아내었다. 이는 연마된 상아질 위에 덮인 조직파편이 상아세관을 막고 있기 때문이며 상아질 투과도를 증가시키기 위해서는 세관입구를 막고 있는 조직파편이나 상아질 충전물 등을 제거해 주어야 한다고 주장하였다.

Bradford 등[12,13,14]은 상아세관을 통해서 물질의 이동이 일어나며 이 이동은 잘려진 세관입구가 상아질 조직파편으로 덮일 경우 줄어들 수 있다고 했다. 그리고, 이러한 물질이동의 감소는 세관을 덮고 있는 조직파편의 양뿐 아니라 세관 내로 충전된 조직파편의 양에 의해서도 영향을 받는다고 주장하였다.

Rimondini 등[15]은 치경부 마모가 있는 환자들 중 과민성 상아질과 비과민성 상아질을 각각 산 부식하여 산 부식 전과 후를 주사 전자 현미경으로 관찰하였는데 비과민성 상아질의 경우 88%가 무정형의 도말층으로 덮여 있고 상아세관의 수가 적고 직경이 좁은 것을 관찰할 수 있었고, 과민성 상아질의 경우엔 31.3%가 무정형의 도말층으로 덮여 있으며 상아세관의 수는 더 많고 직경이 더 넓은 것을 관찰할 수 있었다. 또, 산 부식 후 과민성 상아질의 경우엔 도말층이 항상 제거되었으나 비과민성 상아질의 경우엔 도말층이 완전히 제거되지 않았다고 하여 이로부터 결과적으로 지각과민을 일으키는데 도말층의 역할이 중요하다고 하였다.

Pashely 등[14,16,17]은 상아질 디스크를 이용해서 도말층이 있는 경우와 이를 없앤 경우로 나누어서 상아질의 투과도를 비교한 결과 도말층이 약 72 86%정도 투과

도를 감소시켰다고 보고하였다.

현재는 이러한 과민성 상아질을 치료하기 위하여 여러 가지 지각과민 처치제가 사용되고 있다. 지각과민 처치제의 작용에 대한 기전은 각 제품에 따라 다르나 대부분의 지각과민 처치제가 상아세관을 막거나 상아세관의 직경을 감소시켜 상아세관내의 액체의 이동을 막거나 억제함으로써 지각과민 억제 작용이 나타나게 된다.

지금까지는 지각과민 처치제 성분 중 Oxalate나 Glutaraldehyde와 같은 특정한 성분들의 상아세관의 폐쇄효과에 대해 연구가 주로 되어져 왔지만, 현재 흔히 사용되는 지각과민 처치제는 여러 가지 성분들로 인해 효과면에서 많은 차이점을 보이는 것으로 생각되어짐에도 불구하고 그러한 효과의 차이에 대한 연구가 많이 이루어지지 않은 것이 사실이다. 또한, 실제로 일상생활에서 지각과민 처치제가 도포된 치아는 칫솔질 등으로 인하여 마모가 되기 쉬운데, 이런 마모가 흔히 볼 수 있는 지각과민 처치제의 일시적 효과의 원인 중 하나라고 사료된다.

그러나 이러한 지각과민 처치제의 마모에 대한 연구는 지금까지 미미하여 이 연구에서는 현재 우리나라에서 주로 사용되는 4종류의 지각과민 처치제 도포 후 칫솔질이 상아질 투과도에 미치는 영향을 조사하였다. 정량적 비교를 위하여 상아질의 hydraulic conductance(L_p)를 구하고, 주사 전자 현미경(Scanning Electron Microscopy)사진과 원자 힘 현미경(Atomic Force Microscopy)사진을 이용하여 상아질의 표면을 관찰하여 비교하였다.

Ⅱ. 실험재료 및 방법

가. 시편제작

발거한 대구치 중 우식이 없는 치아 60개를 선택해서 에폭시 레진으로 치아를 매몰한 후 중합하였다. 저속 다이아몬드 휠 톱(Isomet Buehler Co., Lake Bluff, Illinois, U.S.A.)을 이용해서 우선 교합면 법랑질을 제거한 뒤 1㎜두께의 치수위 치관부 상아질 디스크를 만들었다.

각 디스크에서 치관쪽 디스크 표면을 120grit 연마지로 30초간 연마하고, 치관·치수쪽 디스크 표면을 37% 인산으로 2분간 산 부식시킨 후 시편을 증류수에 담아 초음파 세척기에 1시간동안 처리하였다. 만든 상아질 디스크는 실험기간 동안 생리식염수에 보관하였다. 디스크의 직경이 챔버 장치내의 직경(10㎜)보다 큰 경우에는 이에 맞게 부분적으로 삭제해서 챔버 내에 안정적으로 들어갈 수 있는 디스크 크기로 만들었다.

나. 스플릿 챔버 장치 및 실험 설계

상아질 디스크를 아크릴릭 스플릿 위 챔버와 아래 챔버 사이에 위치시키고 각 챔버와 디스크사이에는 폐쇄를 확실히 하고 투과되는 상아질 디스크의 표면적을 일정하도록($\pi \times (0.2㎝)^2 = 0.126㎠$) 조정하기 위하여 고무 'O' 링(내경지름: 4㎜, 외경 지름: 10㎜)을 사용하였으며 챔버의 양쪽은 생리식염수로 채웠다. 아래 챔버 쪽으로 도입관을 통해서 일정한 정수압(200㎜Hg)의 생리식염수가 유입되도록 설치하였다.(Fig. 1)

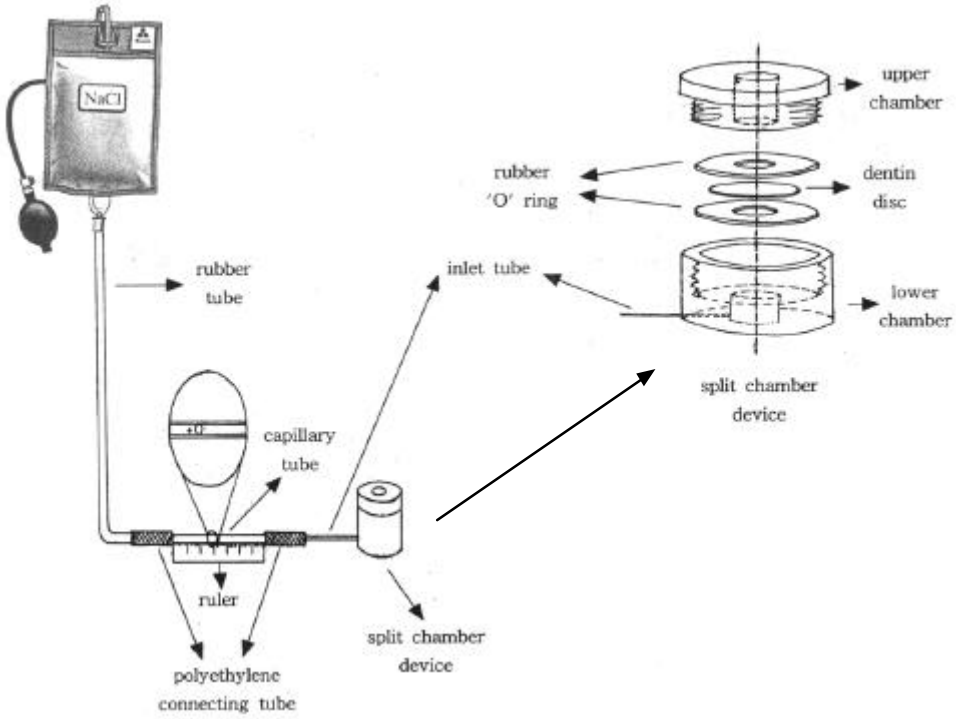

Fig. 1 Schematic view of Pashely's device used to measure hydraulic conductance of dentin disc

일정한 정수압을 주기 위해서 임플란트 수술시 사용하는 Pressure cuff(Nobelpharma, Göteborg, Sweden)가 달린 생리식염수로 200㎜Hg의 압력을 가하여 생리식염수가 고무관을 통해 흘려가도록 하여 폴리에틸렌 연결관과 연결된 일정길이의 모세관(직경 1㎜, 길이 75㎜)을 거쳐서 다른 연결관, 도입관을 지나서 스플릿 챔버 장치에 도달하게 하였다. 실험시 공기방울을 발생시킬 수 있게 하였고 발생된 공기방울의 이동거리를 알기 위해서 모세관과 평행하게 자를 설치하였다. 실험적으로 상아질 디스크의 투과도를 알기 위해서 hydraulic conductance를 측정하였고 이는 일정 시간동안 모세관을 통해 이동한 공기방울의 이동거리를 이

용해서 계산하였다. 즉, 스플릿 챔버 장치 쪽으로 일정 시간동안 이동한 공기방울의 거리가 길수록 생리식염수의 디스크 투과도가 증가된 것이다.(Fig. 1)

다. 실험 재료

실험에 사용된 4개의 치과용 지각과민 처치제는 다음과 같다.

Table 1 Desensitizing agents used in this study

	Composition	Manufacturer
Gluma Desensitizer®	· Hydroxyethylmethacrylate(HEMA) · Glutaraldehyde · Purified water · Mequinol	Heraeus Kulzer Inc., Indiana, U.S.A.
Seal & Protect®	· PENTA · Di,Trimethacrylate · Nanofiller · Acetone · Triclosan	Dentsply Co., Konstanz, Germany
All-Bond 2®	· N-tolyglycine-glycidyl methacrylate(NTG-GMA) · Biphenyl dimethacrylate (BPDM) · Acetone	Bisco Inc., Illinois, U.S.A.
MS Coat®	· Poly-styrene sulfonic acid · Poly-methyl methacrylate(PMMA) · Oxalic acid	Sun medical Co., Shiga, Japan

라. 시편의 처리

실험에 사용된 총 60개의 상아질 디스크를 임의로 15개씩 4개의 군으로 나누었다. 생리식염수에 보관한 디스크 시편을 꺼내어 치관쪽 디스크 표면이 아래 챔버 쪽을 향하게 하도록 챔버 장치에 위치시킨 뒤 압력을 가하고 공기방울의 이동거리를 측정하여 이를 가지고 L_p값을 구하였다(L_p0). 그 다음 각 군마다 서로 다른 지각과민 처치제를 제조회사의 지시대로 도포하고, 이를 같은 방법으로 스플릿 챔버 장치에 위치시켜서 공기방울의 이동거리를 측정하여 이를 가지고 L_p값을 구하였다(L_p1). 시편을 부가중합형 고무인상재를 이용하여 시편을 마운팅한 후 마모시험기의 챔버안에는 500㎖의 물에 150gr.의 안티플라그(부광약품,한국) 치약을 골고루 섞어 치약-물 혼합액(slurry water)을 만들었다. 이에 150gr.의 중량을 가하여 1주일의 칫솔질에 해당하는 140회의 칫솔질을 마모 시험기를 이용하여 시행한 후 같은 방법으로 스플릿 챔버 장치에 위치시켜서 공기방울의 이동거리를 측정하여 이를 가지고 L_p값을 구하였다(L_p2). 그 다음은 1주일에 해당하는 140회의 칫솔질(총 280회)을 또 시행하여 같은 방법으로 스플릿 챔버 장치에 위치시켜서 공기방울의 이동거리를 측정하여 이를 가지고 L_p값을 구하였다(L_p3). 그 다음은 4주일에 해당하는 560회의 칫솔질(총 840회)을 또 시행하여 같은 방법으로 스플릿 챔버 장치에 위치시켜서 공기방울의 이동거리를 측정하여 이를 가지고 L_p값을 구하였다(L_p4).(Fig. 2)

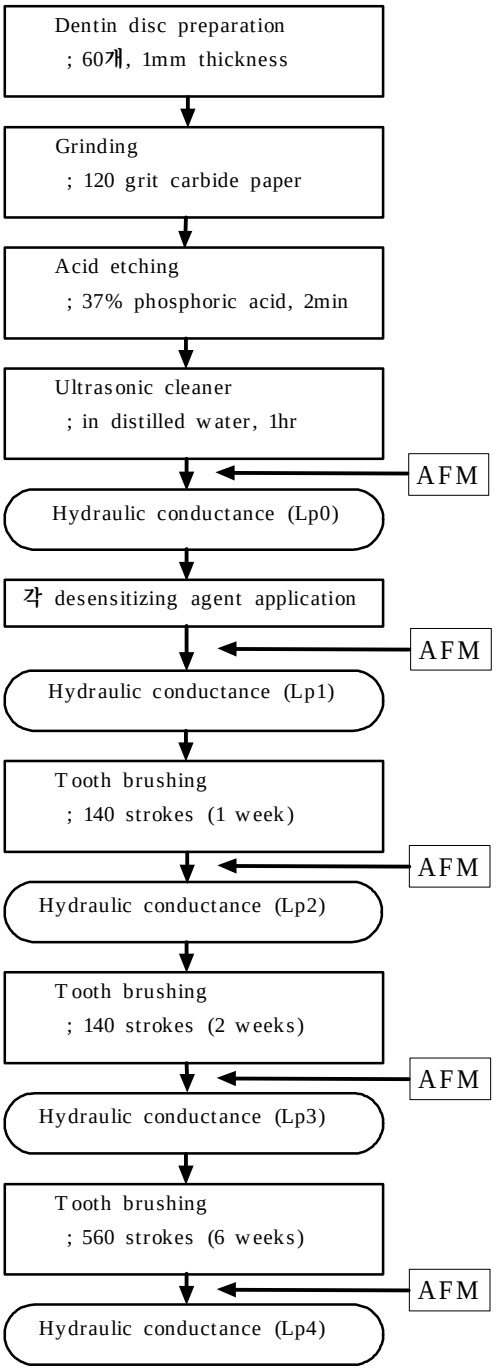

Fig. 2 Experimental design of Lp & AFM

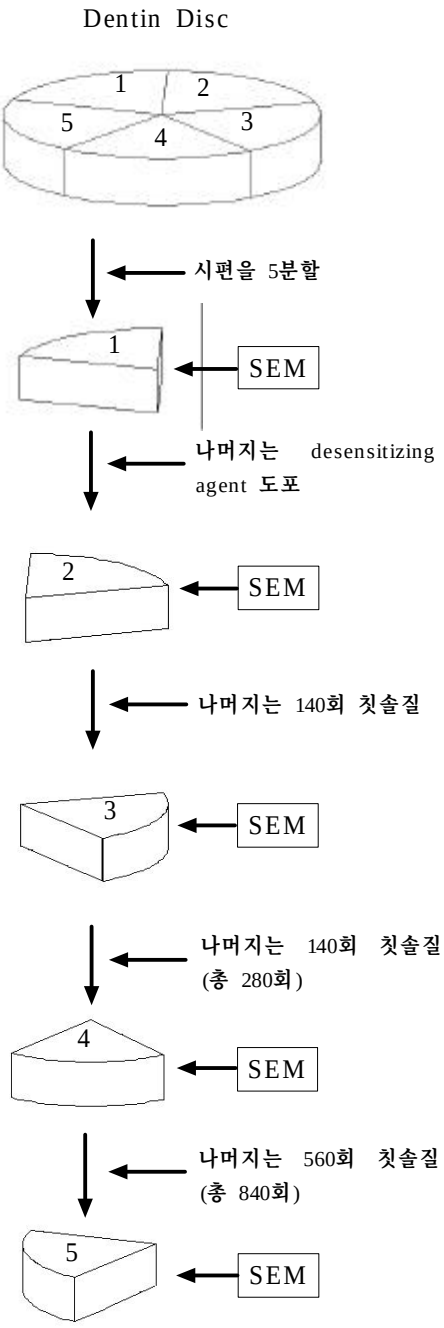

Fig. 3 Experimental design of SEM

마. 상아질 투과도

(1) Hydraulic conductance

상아질 디스크를 통한 생리식염수의 투과량을 hydraulic conductance(L_p)로 표현했다[35].

$$L_p = \frac{F}{P \times (SA) \times t} \quad \text{----} \ ①$$

L_p : hydraulic conductance of dentin in $\mu\ell cm^{-2}min^{-1}mmHg^{-1}$

F : filtration rate in $\mu\ell$

P : hydrostatic pressure difference across dentin in mmHg

SA : dentin surface area in cm^2

t : time in minute

여기서 P(200mmHg), SA($\pi \times (0.2cm)^2$=0.126cm^2), t(10minutes)의 3개의 변수는 항상 일정하므로 L_p는 F에 비례한다고 볼 수 있다.

$L_p \propto F$ ----- ②

F는 모세관을 통해 이동한 공기방울의 거리를 χmm라고 할 때 다음과 같이 구해진다.

$F = \pi \times (0.5)^2 \times \chi \times 10^{3}$ ----- ③

따라서 ②와 ③으로부터 L_p는 χ에 비례한다고 볼 수 있다.

$L_p \propto \chi$ ----- ④

결과적으로 hydraulic conductance(L_p)는 공기방울의 이동거리(χ)가 길어질 수록 커진다. ①에 각각의 값을 넣어서 계산하면 다음과 같다.

$$L_p = \frac{F}{P \times (SA) \times t} = \frac{\pi \times (0.5)^2 \times \chi \times 10^3}{200 \times \pi \times (0.2)^2 \times 10} = \frac{25\chi}{8} \quad \text{-----} \ ⑤$$

(2) %변화

각 디스크 당 약제를 처치하기 전과 약제를 처치한 후의 L_p값의 변화를 %변화로 나타내면 다음과 같다.

$$\%\text{변화} = \frac{\text{처치후 } L_p - \text{ 처치전 } L_p(L_p0)}{\text{처치전 } L_p(L_p0)} \times 100 \quad \text{-----} \ ⑥$$

%change1: 지각과민 처치제로 처리한 직후의 $L_p(L_p1)$과 처리하기 전의 $L_p(L_p0)$의 %변화량

%change2: 칫솔질 1주(총140회)시행 후의 $L_p(L_p2)$과 처리하기 전의 $L_p(L_p0)$의 %변화량

%change3: 칫솔질 2주(총280회)시행 후의 $L_p(L_p3)$과 처리하기 전의 $L_p(L_p0)$의 %변화량

%change4: 칫솔질 6주(총840회)시행 후의 $L_p(L_p4)$과 처리하기 전의 $L_p(L_p0)$의 %변화량

바. 주사 전자 현미경(Scanning Electron Microscopy) 사진관찰

한개의 상아질 디스크 표면을 주사 전자 현미경으로 관찰하였다. 시편을 SEM stud에 부착한 후 gold sputter-coating하고 3,000배의 배율로 사진을 촬영하였다.(Fig. 3)

사. 원자 힘 현미경(Atomic Force Microscope) 사진관찰

시편의 표면을 원자 힘 현미경으로 관찰하였다. 얻어진 그림 중에서 3차원 자

료를 선택하여 시편 표면을 관찰하였다.(Fig. 2)

아. 통계분석

각 디스크 당 지각과민 처치제를 처치하기 전과 처치한 후, 그리고 칫솔질한 후의 L_p값의 변화가 나타났는지 알아보기 위해서 Wilcoxon signed rank test를 사용했고, 처치한 약제간의 L_p변화에 미치는 영향의 차이를 알아보기 위해서 Kruskal-Wallis test를 이용하여 통계분석 하였다. 또한, 사후검정 중 Tukey's multiple comparison test를 시행하여 각 약제간의 효과 차이를 분석하였다.

Ⅲ. 실험성적

가. 약제의 처치 전과 처치 후, 칫솔질 시행 후의 hydraulic conductance(L_p)값과 %변화량

총 60개의 상아질 시편의 약제 처치 전과 처치 후의 L_p값, %변화량을 Table 2 5에 나타내었고, 이를 Fig. 4 7에 그래프로 표현하였다. 각 약제의 L_p값과 %변화량의 평균은 Table 6에 나타내었다.

Gluma를 처치한 경우에 있어서 처치한 직후에는 평균 %변화량이 -88.46으로 상아질 투과도가 급격히 감소하였으나 칫솔질을 1주(140회), 2주(280회) 시행하면서 평균 %변화량이 각각 -76.32, -62.05로 증가하는 것으로 보아 상아질 투과도가 서서히 증가함을 알 수 있었다. 하지만 칫솔질을 6주(840회) 시행한 후에는 평균 %변화량이 다시 -92.96으로 Gluma를 처치한 직후보다 상아질 투과도가 더 감소한 것을 알 수 있었다.

Seal & Protect와 All-Bond 2를 처치한 경우에 있어서도 Gluma를 처치한 경우와 비슷하게, 처치한 직후에는 상아질 투과도가 급격히 감소하였으나 칫솔질을 1주(140회), 2주(280회) 시행하면서 상아질 투과도가 서서히 증가하였고 칫솔질을 6주(840회) 시행한 후에는 약제를 처치한 직후의 상아질 투과도 수준으로 회복되었음을 알 수 있었다.

하지만 MS Coat의 경우에 있어서는 처치한 직후에는 평균 %변화량이 -99.61으로 상아질 투과도가 급격히 감소하였으나 칫솔질을 1주(140회), 2주(280회), 6주(840회) 시행한 후 평균 %변화량이 각각 -72.15, -71.83, -74.73으로 칫솔질 횟수에는 관계없이 상아질 투과도가 급격히 증가했음을 알 수 있었다.

Table 2 Gluma: Hydraulic conductances and % change values

시편	Lp 0	Lp 1	%변화량1	Lp 2	%변화량2	Lp 3	%변화량3	Lp 4	%변화량4
1	1.56	0.00	- 100.0	0.78	- 50.0	0.78	- 50.0	0.78	- 50.0
2	29.69	2.34	- 92.1	0.00	- 100.0	0.00	- 100.0	0.00	- 100.0
3	3.13	0.00	- 100.0	0.00	- 100.0	2.34	- 25.0	0.00	- 100.0
4	63.28	0.00	- 100.0	0.00	- 100.0	2.34	- 96.3	0.78	- 98.8
5	40.63	0.00	- 100.0	0.00	- 100.0	2.34	- 94.2	0.00	- 100.0
6	32.81	3.13	- 90.5	3.13	- 90.5	6.25	- 81.0	0.00	- 100.0
7	75.78	5.47	- 92.8	8.59	- 88.7	21.09	- 72.2	1.56	- 97.9
8	149.22	0.00	- 100.0	0.78	- 99.5	1.56	- 99.0	0.00	- 100.0
9	53.91	0.78	- 98.6	0.78	- 98.6	1.56	- 97.1	1.56	- 97.1
10	3.13	0.00	- 100.0	0.00	- 100.0	2.34	- 25.0	0.00	- 100.0
11	57.03	14.84	- 74.0	27.34	- 52.1	42.19	- 26.0	4.69	- 91.8
12	5.47	0.78	- 85.7	0.00	- 100.0	0.78	- 85.7	0.78	- 85.7
13	22.66	0.00	- 100.0	7.81	- 65.5	4.69	- 79.3	1.56	- 93.1
14	2.34	1.56	- 33.3	2.34	0.0	2.34	0.0	0.00	- 100.0
15	7.81	3.13	- 60.0	7.81	0.0	7.81	0.0	1.56	- 80.0

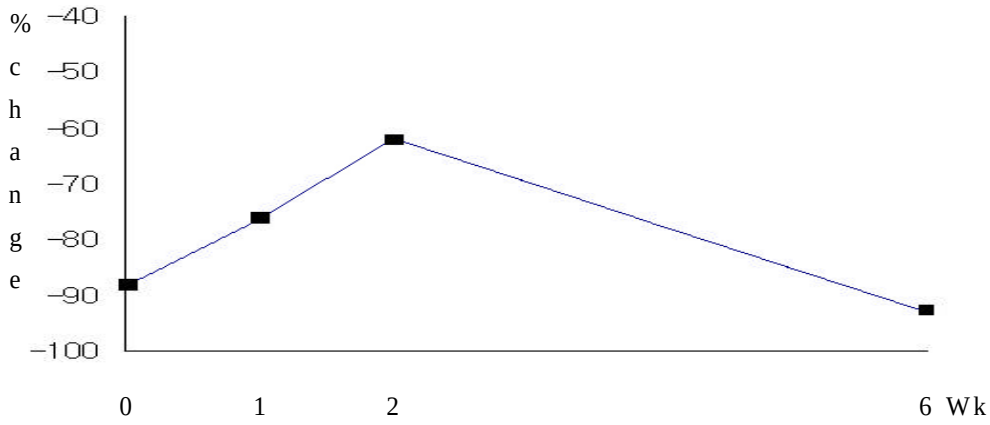

Fig. 4 Gluma: % change values of hydraulic conductance

Table 3 Seal & Protect: Hydraulic conductances and % change values

시편	Lp 0	Lp 1	%변화량1	Lp 2	%변화량2	Lp 3	%변화량3	Lp 4	%변화량4
1	24.22	0.00	-100.0	3.13	-87.1	1.56	-93.5	1.56	-93.5
2	14.84	0.00	-100.0	0.78	-94.7	0.00	-100.0	0.00	-100.0
3	8.59	0.00	-100.0	0.78	-90.9	1.56	-81.8	0.00	-100.0
4	7.03	1.56	-77.8	1.56	-77.8	1.56	-77.8	1.56	-77.8
5	39.84	2.34	-94.1	3.13	-92.2	3.91	-90.2	2.34	-94.1
6	12.50	0.00	-100.0	0.78	-93.8	1.56	-87.5	0.00	-100.0
7	23.44	0.00	-100.0	6.25	-73.3	0.78	-96.7	0.78	-96.7
8	27.34	0.00	-100.0	0.00	-100.0	3.13	-88.6	0.00	-100.0
9	4.69	0.00	-100.0	0.00	-100.0	2.34	-50.0	1.56	-66.7
10	54.69	0.00	-100.0	0.78	-98.6	8.59	-84.3	7.81	-85.7
11	9.38	0.00	-100.0	0.78	-91.7	1.56	-83.3	0.00	-100.0
12	10.94	0.00	-100.0	0.78	-92.9	1.56	-85.7	0.00	-100.0
13	13.28	0.00	-100.0	0.78	-94.1	2.34	-82.4	0.00	-100.0
14	12.50	0.00	-100.0	0.78	-93.8	1.56	-87.5	0.00	-100.0
15	32.03	0.78	-97.6	0.78	-97.6	0.78	-97.6	0.00	-100.0

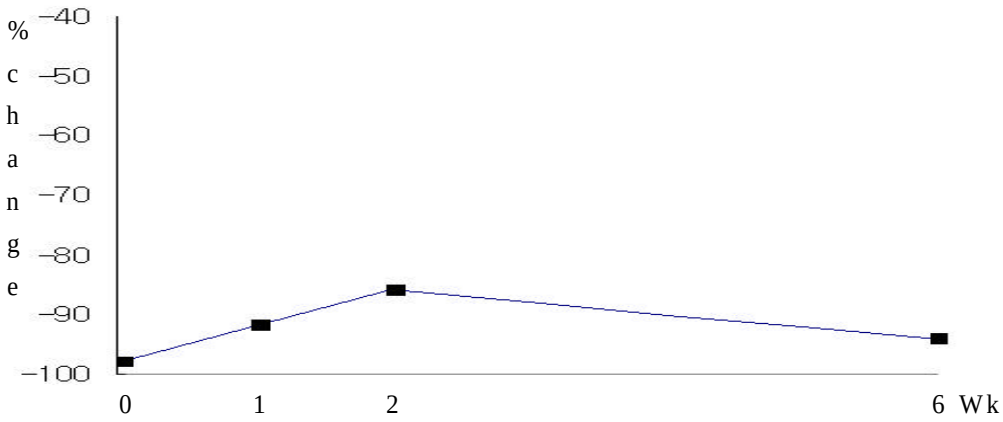

Fig. 5 Seal & Protect: % change values of hydraulic conductance

Table 4 All-Bond 2: Hydraulic conductances and % change values

시편	Lp 0	Lp 1	%변화량1	Lp 2	%변화량2	Lp 3	%변화량3	Lp 4	%변화량4
1	3.13	0.00	-100.0	0.00	-100.0	0.00	-100.0	0.78	-75.0
2	47.66	4.69	-90.2	0.00	-100.0	19.53	-59.0	17.97	-62.3
3	31.25	0.00	-100.0	0.00	-100.0	1.56	-95.0	1.56	-95.0
4	8.59	0.78	-90.9	0.78	-90.9	3.91	-54.5	2.34	-72.7
5	20.31	0.78	-96.2	1.56	-92.3	3.91	-80.8	2.34	-88.5
6	22.66	0.00	-100.0	3.13	-86.2	4.69	-79.3	3.13	-86.2
7	9.38	0.00	-100.0	0.78	-91.7	1.56	-83.3	0.00	-100.0
8	7.81	0.78	-90.0	1.56	-80.0	1.56	-80.0	0.78	-90.0
9	4.69	0.00	-100.0	1.56	-66.7	1.56	-66.7	0.00	-100.0
10	9.38	0.00	-100.0	0.78	-91.7	0.78	-91.7	0.78	-91.7
11	3.13	0.00	-100.0	2.34	-25.0	2.34	-25.0	0.00	-100.0
12	11.72	0.00	-100.0	0.78	-93.3	0.78	-93.3	0.00	-100.0
13	14.06	0.00	-100.0	1.56	-88.9	3.91	-72.2	1.56	-88.9
14	19.53	0.78	-96.0	0.78	-96.0	1.56	-92.0	0.00	-100.0
15	281.25	21.09	-92.5	4.69	-98.3	5.47	-98.1	3.13	-98.9

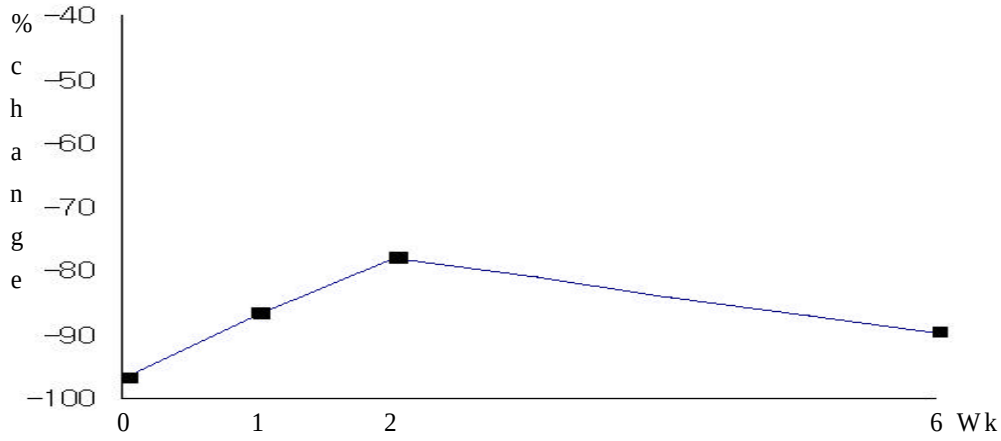

Fig. 6 All-Bond 2: % change values of hydraulic conductance

Table 5 MS Coat: Hydraulic conductances and % change values

시편	Lp 0	Lp 1	%변화량1	Lp 2	%변화량2	Lp 3	%변화량3	Lp 4	%변화량4
1	21.09	0.00	-100.0	4.69	-77.8	1.56	-92.6	3.13	-85.2
2	215.63	0.78	-99.6	8.59	-96.0	2.34	-98.9	3.91	-98.2
3	18.75	0.00	-100.0	4.69	-75.0	5.47	-70.8	4.69	-75.0
4	32.03	0.00	-100.0	7.81	-75.6	8.59	-73.2	9.38	-70.7
5	109.38	0.00	-100.0	5.47	-95.0	6.25	-94.3	25.78	-76.4
6	47.66	0.00	-100.0	3.13	-93.4	1.56	-96.7	3.13	-93.4
7	16.41	0.00	-100.0	3.91	-76.2	5.47	-66.7	3.13	-81.0
8	6.25	0.00	-100.0	4.69	-25.0	0.78	-87.5	0.78	-87.5
9	3.13	0.00	-100.0	0.78	-75.0	0.78	-75.0	0.78	-75.0
10	17.19	0.00	-100.0	3.13	-81.8	3.13	-81.8	2.34	-86.4
11	11.72	0.00	-100.0	2.34	-80.0	0.78	-93.3	5.47	-53.3
12	14.06	0.78	-94.4	1.56	-88.9	4.69	-66.7	8.59	-38.9
13	12.50	0.00	-100.0	4.69	-62.5	12.50	0.0	0.00	-100.0
14	6.25	0.00	-100.0	6.25	0.0	6.25	0.0	0.00	-100.0
15	3.91	0.00	-100.0	0.78	-80.0	0.78	-80.0	3.91	0.0

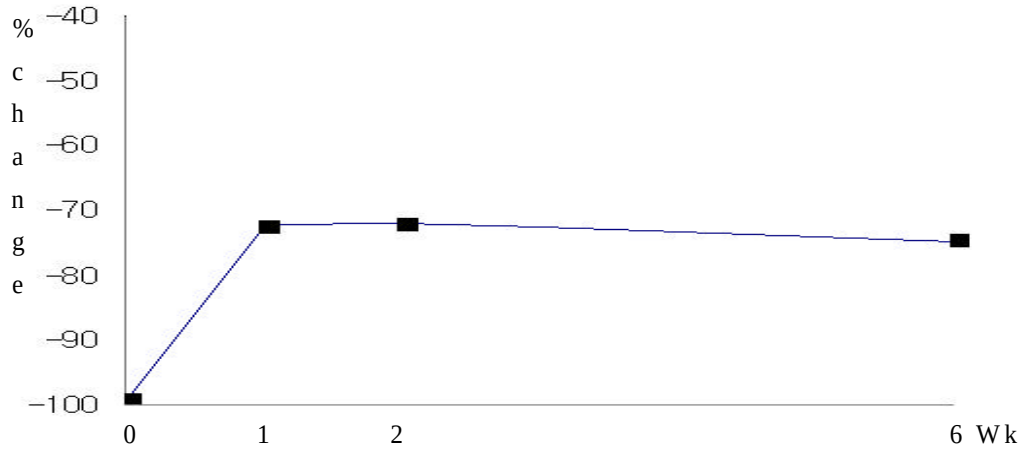

Fig. 7 MS Coat: % change values of hydraulic conductance

Table 6 Mean of Lp values and %change values

Agent	Lp 0	Lp 1	%change1	Lp 2	%change2	Lp 3	%change3	Lp 4	%change4
Gluma	36.56	2.14	-88.46	3.96	-76.32	6.56	-62.05	0.89	-92.96
Seal&Protect	19.69	0.31	-97.96	1.41	-91.89	2.19	-85.79	1.04	-94.30
All-Bond 2	32.97	1.93	-97.05	1.35	-86.73	3.54	-78.06	2.29	-89.94
MS Coat	35.73	0.10	-99.61	4.17	-72.15	4.06	-71.83	5.00	-74.73

약제의 처치 전과 처치 후, 칫솔질 시행 후의 L_p**값의 차이가 있는지 보기 위한** Wilcoxon signed rank test**결과,** Gluma**는 약제 처치 전과 처치 후, 칫솔질** 2**주와** 1**주,** 6**주와** 2**주에서의 상아질 투과도의 차이가 있는 것으로 나타났고,** Seal & Protect**는 약제 처치 전과 처치 후, 칫솔질** 1**주와 약제 처치 후,** 6**주와** 2**주에서의 상아질 투과도의 차이가 있는 것으로 나타났고,** All-Bond 2**는 약제 처치 전과 처치 후, 칫솔질** 1**주와 약제 처치 후,** 2**주와** 1**주,** 6**주와** 2**주에서 모두 차이가 있는 것으로 나타났고,** MS Coat**는 처치 전과 처치 후, 칫솔질** 1**주와 약제 처치 후에서만 차이가 있는 것으로 나타났다.**($p < 0.05$, Table 7)

Table 7 Comparison of % change values before and after treatment in 4 groups (Wilcoxon signed rank test)

	Gluma	Seal&Protect	All-Bond 2	MS Coat
%change2-%change1	0.0742	0.0010*	0.0234*	0.0001*
%change3-%change2	0.0137*	0.0654	0.0039*	0.9883
%change4-%change3	0.0010*	0.0010*	0.0129*	0.7708

*: $p < 0.05$, statistically significant

각 약제의 효과가 차이가 있는지 알아보기 위해서 Kruskal-Wallis test**를 시행한 결과, %변화량**1, **%변화량**2, **%변화량**4**에서 각 약제간에 차이가 있는 것으로 나타나 각 약제간의 효과를 분석하기 위해서 사후검정 중** Tukey's multiple comparison test**를 시행하였다.**(Table 8 9)

Table 8 Comparison of % change values among 4 groups (Kruskal-Wallis test)

	%change1	%change2	%change3	%change4
P-value	0.0318*	0.0409*	0.4074	0.0089*

*: $p < 0.05$, statistically significant

Table 9 Comparison of % change values among 4 groups (Tukey's multiple comparison test)

	Gluma	Seal & Protect	All-Bond 2	MS Coat
%change1	B	—	—	A
%change2	—	A	—	B
%change4	A	A	—	B

Groups with different letter are different each other statistically.
Comparison between same group is meaningless.

칫솔질 1주 시행한 경우와 칫솔질 시행하기 전에는 MS Coat와 Gluma가 서로 효과의 차이를 보였는데, 이는 MS Coat가 Gluma에 비해서 칫솔질을 1주 시행했을 때 유의성있는 큰 상아질 투과도를 보였다는 의미이다. 칫솔질 2주 시행한 경우와 1주 시행한 경우의 상아질 투과도의 변화에 있어서는 Seal & Protect와 MS Coat가 서로 효과의 차이를 보였는데, 이는 MS Coat가 Seal & Protect에 비해서 유의성있는 큰 상아질 투과도를 보였다는 의미이다. 칫솔질 6주 시행한 경우와 2주 시행한 경우의 상아질 투과도의 변화에 있어서는 MS Coat와 Seal & Protect, MS Coat와 Gluma가 서로 효과의 차이를 보였는데, 이는 MS Coat가 Seal & Protect, Gluma에 비해서 유의성있는 큰 상아질 투과도를 보였다는 의미이다.

나. 주사 전자 현미경, 원자 힘 현미경 소견

Fig. 8 12, 28 32에서는 Gluma로 처리한 시편의 모습을 보여주고 있다. Fig. 9에서는 Gluma처리 직후 상아세관의 직경이 감소한 양상을 보이지만, Fig. 10에서는 칫솔질로 인해서 상아세관의 내면에 있는 Gluma가 마모된 것을 볼 수 있다. 하지만, Fig. 11에서는 칫솔질을 2주간 시행함으로써 시편 표면에 서서히 도말층이 생기기 시작하면서, Fig. 12에서는 칫솔질을 6주간 시행함으로써 시편 표면에 완전히 도말층이 두텁게 생기고 도말층과 치약의 성분이 부분적으로 상아세관을 막는 양상을 볼 수 있다. Fig. 28 32의 원자 힘 현미경사진으로는 시편의 표면 거칠기를 짐작할 수 있다.

Fig. 13 17, 33 37에서는 Seal & Protect로 처리한 시편의 모습을 보여주고 있다. Fig. 14에서는 Seal & Protect처리 직후 상아세관이 완전히 폐쇄된 양상을 보여주고 있다. Fig. 15 17까지는 칫솔질을 시행함으로써 Seal & Protect가 마모되어 가는 양상을 보여주고 있다. Fig. 16 17에서는 Seal & Protect가 상아세관을 부분적으로 폐쇄한 모습을 보여주고 있다. Fig. 33 37의 원자 힘 현미경사진으로는 시편의 표면 거칠기를 짐작할 수 있다.

Fig. 18 22, 38 42에서는 All-Bond 2로 처리한 시편의 모습을 보여주고 있다. Fig. 19에서는 All-Bond 2처리 직후 상아세관의 직경이 감소한 양상을 보여준다. Fig. 20 22에서는 칫솔질을 시행함으로써 서서히 도말층이 생겨나가는 모습을 잘 보여준다. Fig. 38 42의 원자 힘 현미경사진으로는 시편의 표면 거칠기를 짐작할 수 있다.

Fig. 23 27, 43 47에서는 MS Coat로 처리한 시편의 모습을 보여준다. Fig. 24에서는 MS Coat처리 직후 상아세관이 거의 폐쇄된 양상을 보여준다. 하지만, Fig. 25 27에서는 칫솔질을 함으로써 MS Coat가 마모되어 가는 양상을 볼 수 있고, 다른 약제와는 달리 도말층이 생기지 않는 양상을 보여준다. Fig. 23과 27을 비교하면 거의 같은 표면 양상을 관찰할 수 있다. Fig. 43 47의 원자 힘 현미경사진으로는 시편의 표면 거칠기를 짐작할 수 있다.

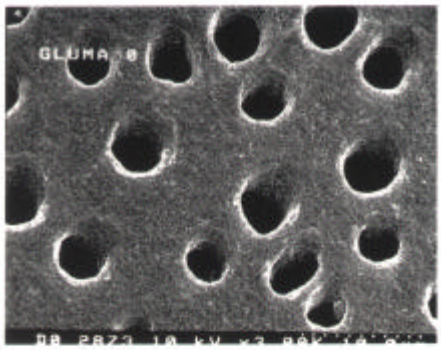

Fig. 8 Gluma: SEM of dentinal surface: before agent treatment

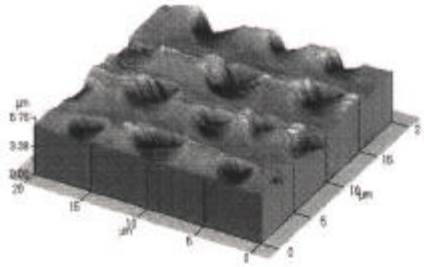

Fig. 28 Gluma: AFM of dentinal surface: before agent treatment

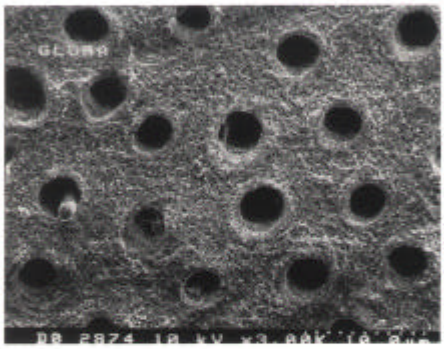

Fig. 9 Gluma: SEM of dentinal surface: after agent treatment

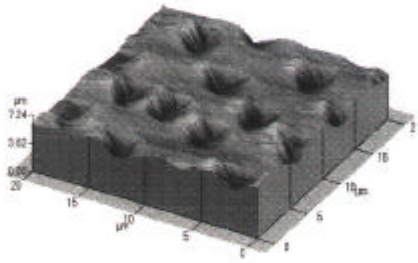

Fig. 29 Gluma: AFM of dentinal surface: after agent treatment

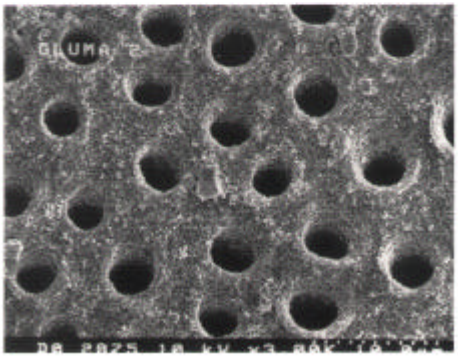

Fig. 10 Gluma: SEM of dentinal surface: after 1-week tooth brushing

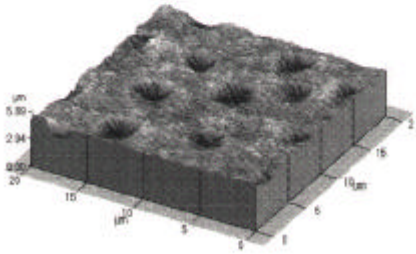

Fig. 30 Gluma: AFM of dentinal surface: after 1-week tooth brushing

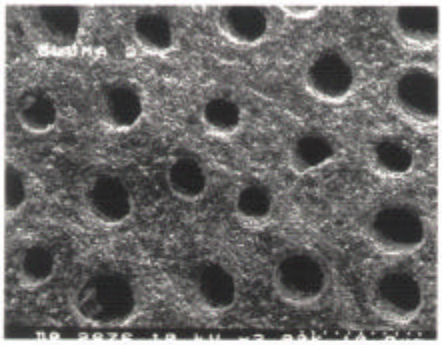

Fig. 11 Gluma: SEM of dentinal surface: after 2-week toothbrushing

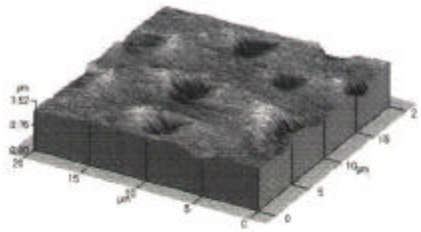

Fig. 31 Gluma: AFM of dentinal surface: after 2-week tooth brushing

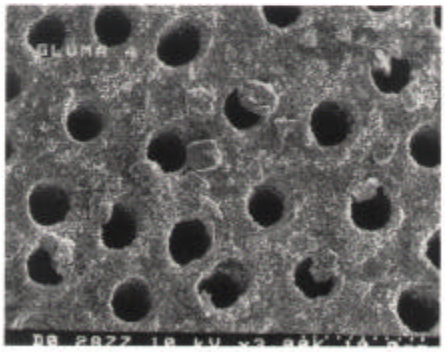

Fig. 12 Gluma: SEM of dentinal surface: after 6-week tooth brushing

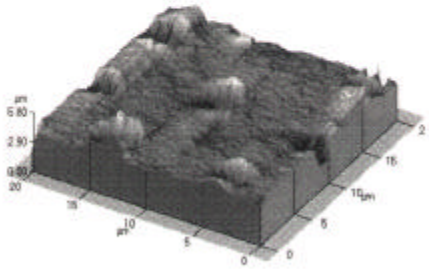

Fig. 32 Gluma: AFM of dentinal surface: after 6-week tooth brushing

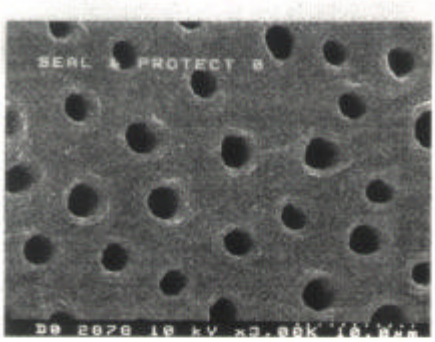

Fig. 13 S & P: SEM of dentinal surface: before agent treatment

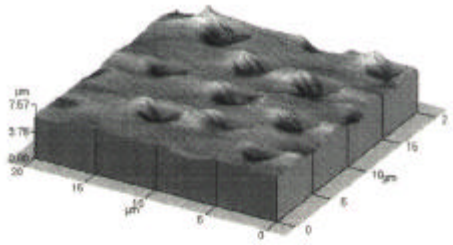

Fig. 33 S & P: AFM of dentinal surface: before agent treatment

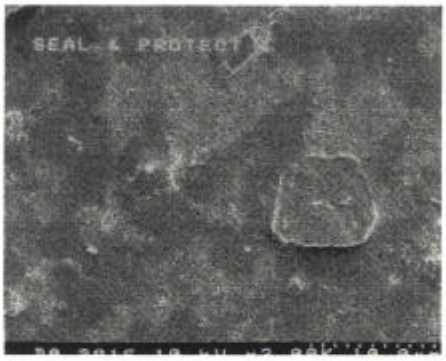

Fig. 14 S & P: SEM of dentinal surface: after agent treatment

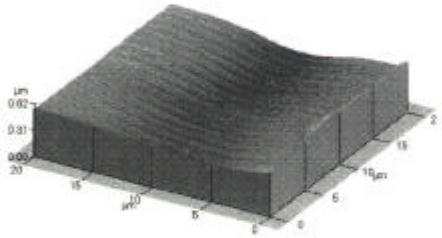

Fig. 34 S & P: AFM of dentinal surface: after agent treatment

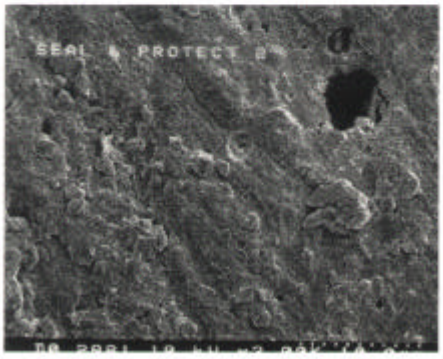

Fig. 15 S & P: SEM of dentinal surface: after 1-week tooth brushing

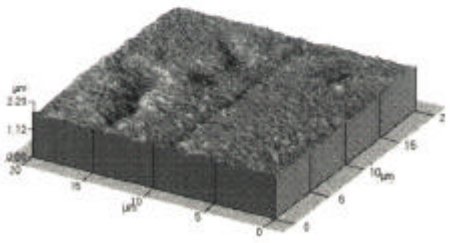

Fig. 35 S & P: AFM of dentinal surface: after 1-week tooth brushing

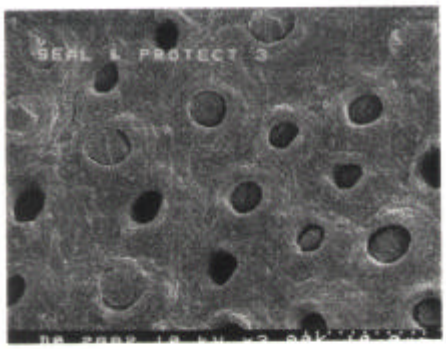

Fig. 16 S & P: SEM of dentinal surface: after 2-week tooth brushing

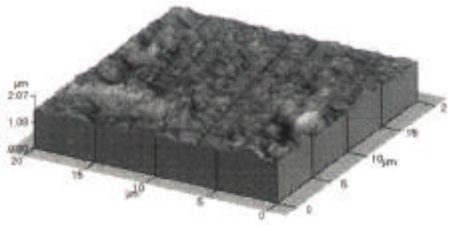

Fig. 36 S & P: AFM of dentinal surface: after 2-week tooth brushing

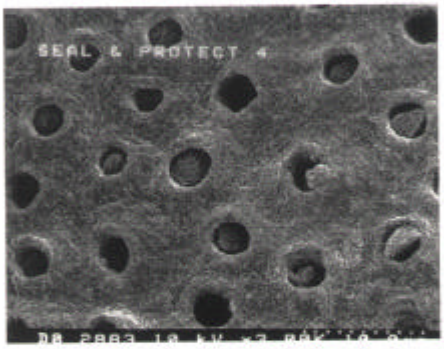

Fig. 17 S & P: SEM of dentinal surface: after 6-week tooth brushing

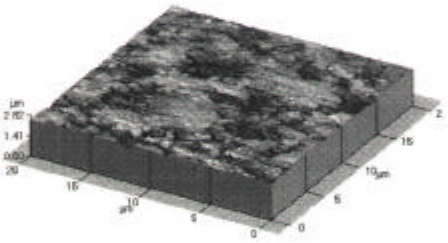

Fig. 37 S & P: AFM of dentinal surface: after 6-week tooth brushing

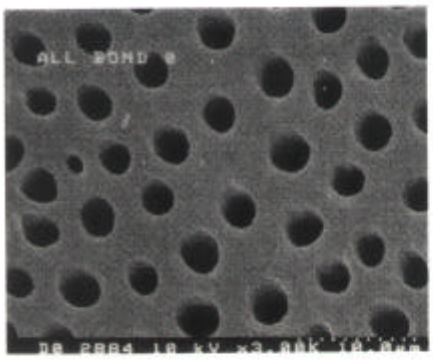

Fig. 18 All-Bond: SEM of dentinal surface: before agent treatment

Fig. 38 All-Bond: AFM of dentinal surface: before agent treatment

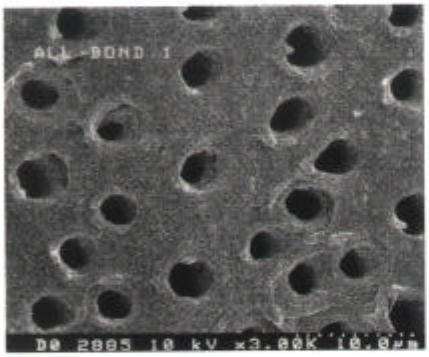

Fig. 19 All-Bond: SEM of dentinal surface: after agent treatment

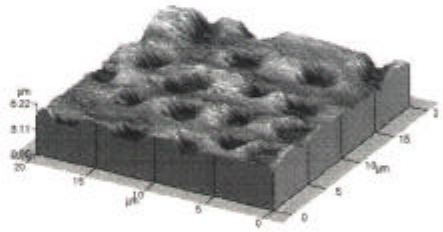

Fig. 39 All-Bond: AFM of dentinal surface: after agent treatment

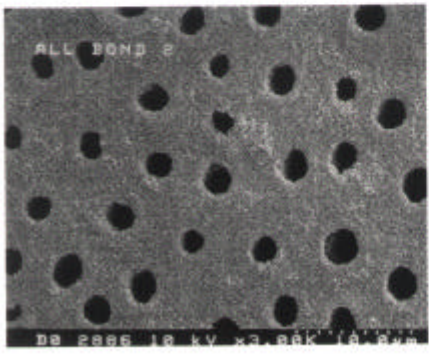

Fig. 20 All-Bond: SEM of dentinal surface: after 1-week tooth brushing

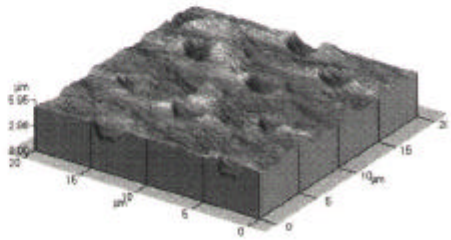

Fig. 40 All-Bond: AFM of dentinal surface: after 1-week brushing

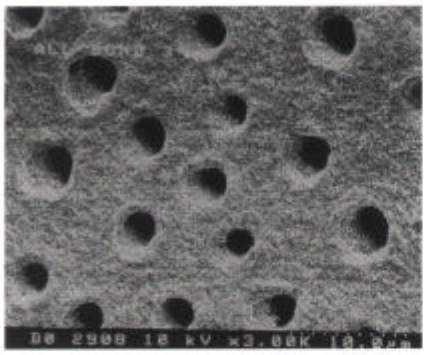

Fig. 21 All-Bond: SEM of dentinal surface: after 2-week tooth brushing

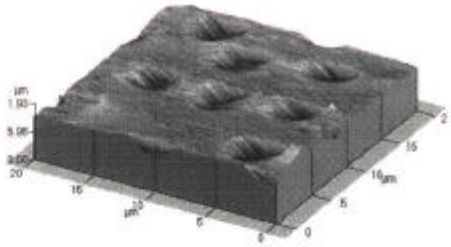

Fig. 41 All-Bond: AFM of dentinal surface: after 2-week tooth brushing

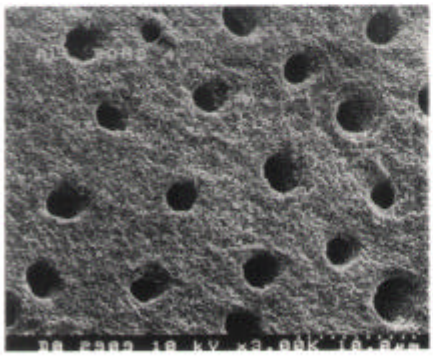

Fig. 22 All-Bond: SEM of dentinal surface: after 6-week tooth brushing

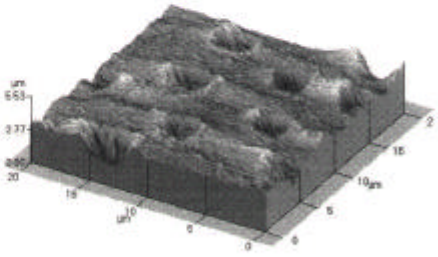

Fig. 42 All-Bond: AFM of dentinal surface: after 6-week tooth brushing

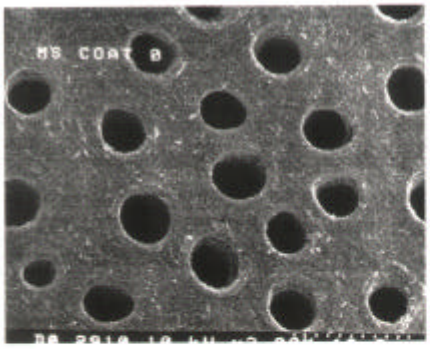

Fig. 23 MS Coat: SEM of dentinal surface: before agent treatment

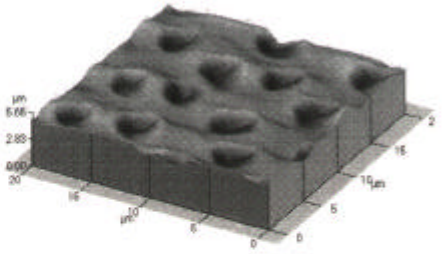

Fig. 43 MS Coat: AFM of dentinal surface: before agent treatment

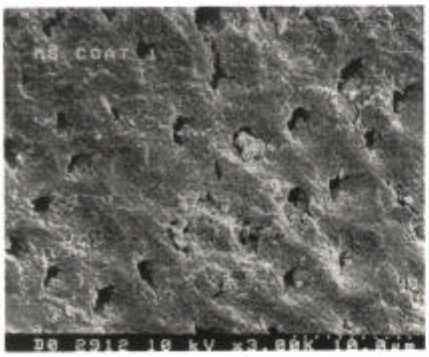

Fig. 24 MS Coat: SEM of dentinal surface: after agent treatment

Fig. 44 MS Coat: AFM of dentinal surface: after agent treatment

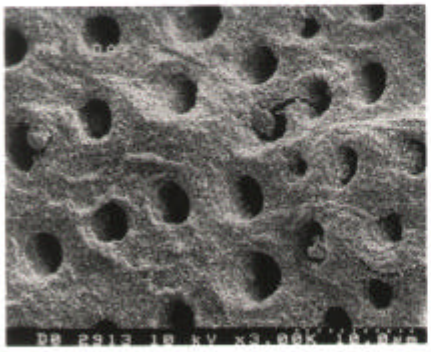

Fig. 25 MS Coat: SEM of dentinal surface: after 1-week tooth brushing

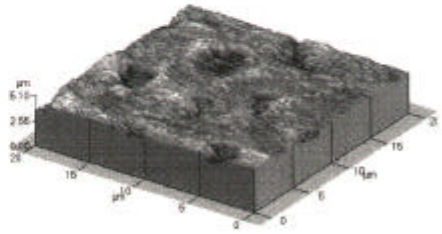

Fig. 45 MS Coat: AFM of dentinal surface: after 1-week tooth brushing

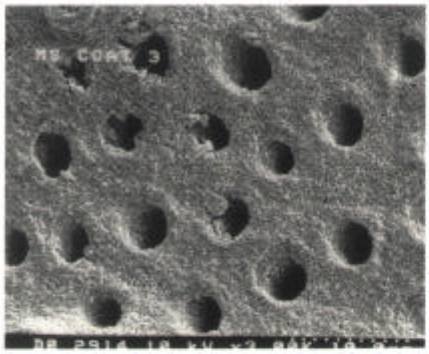

Fig. 26 MS Coat: SEM of dentinal surface: after 2-week tooth brushing

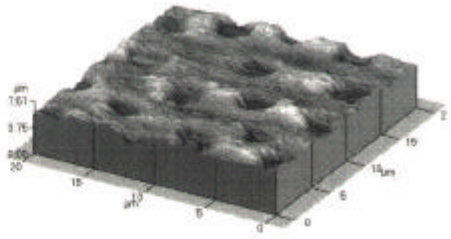

Fig. 46 MS Coat: AFM of dentinal surface: after 2-week tooth brushing

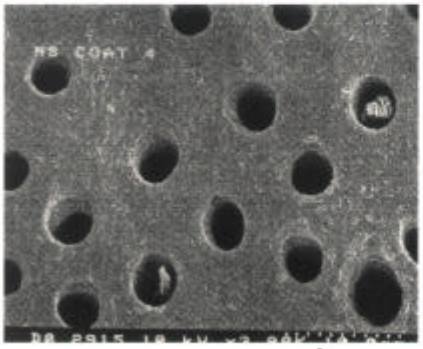

Fig. 27 MS Coat: SEM of dentinal surface: after 6-week tooth brushing

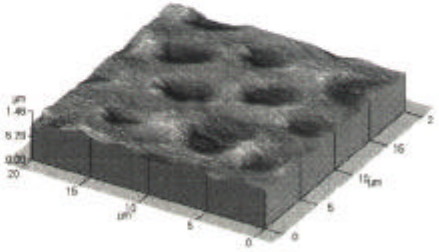

Fig. 47 MS Coat: AFM of dentinal surface: after 6-week tooth brushing

Ⅳ. 총괄 및 고찰

유체역학 이론에 의하면 치아삭제 후 상아질이 노출되었을 때 외부로부터의 자극이 상아세관액을 이동시키게 되고 이로 인해 치수신경이 자극을 받아서 동통을 유발하게 된다[2,3]. 이때 이러한 세관액의 이동을 세관내 투과도라고 하며[8,18], 이는 노출된 상아질이나 수복 상아질의 지각과민을 일으키고[19] 치수로부터의 세관액의 밖으로의 이동과 연관되어 있다[18]. 상아질을 산 부식시키면 상아질 표면의 도말층과 도말층 충전물을 제거하여 투과도를 증가시키면서 동시에 약 2-7㎛정도의 관간 상아질의 무기물질을 제거시키게 된다. 그 결과 남아 있는 교원섬유소 사이로 무기물질들이 있던 공간이 생기게 되는데 이 공간으로 레진이 젖어들 수 있게 되며[20] 이를 세관간 투과도라고 한다[8,18]. 따라서 상아질의 산부식 후 개방된 세관을 막아주어서 지각과민과 변연 누출을 방지하는 것은 세관내 투과도이며 본 연구에서 말하는 투과도는 주로 세관내 투과도를 의미한다.

상아질은 80%정도가 무기물질과 유기물질(교원섬유)로 이루어져 있다. 상아세관은 상아질의 가장 특징적인 해부학적 형태인데 이는 상아-법랑 경계에서 또는 백악질에서 치수강까지 조상아세포에 의해 생긴 통로이다. 상아세관의 밀도는 상아질의 위치에 따라 다른데, 상아-법랑 경계에서는 가장 밀도가 작고, 치수강과 경계를 이루는 전상아질(predentin)의 표면에서 밀도가 가장 높다. 또한, 치관부 상아질과 치근부 상아질의 상아세관의 밀도에도 차이가 있는데 치근부 상아질이 치관부 상아질보다 그 밀도가 낮다. 상아세관내에는 조상아세포의 돌기와 상아세관액이 존재한다. 상아세관의 내강은 무기질 성분이 많은 세관내 상아질(intratubular dentin)로 구성된다. 이 세관내 상아질은 유기물질은 거의 없고 대부분이 아파타이트 결정(apatite crystal)으로 구성되어져 있다. 이런 세관내 상아질의 외부에는 아파타이트에 의해 강화된 type I 교원섬유로 구성된 세관간 상아질(intertubular dentin)로 구별된다. 상아세관의 직경은 상아질의 내부와 외부에 따라 다른데 치수근처에는 평균 2.5㎛, 상아질-에나멜질 경계에는 평균 0.8㎛이다[21].

도말층은 석회화된 치아조직을 치과용 수작업 기구 혹은 회전절삭 기구로 삭

제하였을 때 생성된다. 도말층은 서로 긴밀히 연결된 미세 결정 입자로 이루어진 조직파편이며 물로 제거되지 않으나 산으로 처리하면 용해된다. 보통 1 5㎛정도의 두께로 덮여 있으며 절삭기구의 종류에 따라서 그 두께가 달라질 수 있다[4].

여러 학자들에 의해서 수복 치료 중 도말층의 처리여부에 대해서 다양한 논쟁이 있어왔는데, Pashely 등은 도말층이 상아세관의 입구를 폐쇄시킴으로써 치수로 전해지는 유해물질의 확산을 막을 수 있고 여러 박테리아가 치수로 침범하는 것을 막아주는 장벽 역할을 하며 와동 이장재 보다도 상아질 투과도를 더 잘 감소시킬 수 있는 점들을 들어서 도말층을 남겨야한다고 주장했다[22,23,24]. 이에 대해서 Brännström 등은 도말층이 남아있을 경우 복합 레진과 접착시 결합강도를 약화시키고[25], 이로 인한 상아질 표면과의 부착력이 제한되는 결과 변연 누출이 일어나는 단점을 지적하며 도말층을 제거하면 이장재료와 수복재료의 결합력이 증가하기 때문에 이를 제거해야 할 필요가 있다고 했다[26,27]. 그밖에 다른 연구자들은 특정 수복재를 사용 시에만 선택적으로 도말층을 제거할 것을 주장하였다. 예를 들어 Garcia 등은 글래스아이오노머 수복물 사용 시 도말층을 제거하는 것이 유리하다고 했고[27], Srisawaski 등은 글래스아이오노머 이장재가 없는 복합 레진 수복시엔 도말층을 유지할 것을 주장하였다[28].

상아질 지각과민은 아주 나이가 어린 경우를 제외한 모든 나이의 환자에서 흔히 볼 수 있는 증상이다. 어른 7명중 1명꼴로 상아질 지각과민 증상을 호소한다고 보고되었다[29]. 유체역학이론에 따르면 지각과민 증상을 나타내는 상아질은 개방된 상아세관을 가진 상아질이라 생각되어진다. 실제로 Rimondini, Absy 등은 지각과민 증상을 보이는 상아질은 정상적인 상아질보다 개방된 상아세관의 수가 많고 직경이 더 크다고 보고했다[15,30].

따라서 지각과민의 증상을 해소하기 위해서는 상아세관을 통한 액체의 이동을 줄이거나 차단해야 할 것이다. 최근 사용되어지는 지각과민 처치제들은 각기 다양한 기전으로 상아세관을 폐쇄시켜 상아세관은 통한 액체의 이동을 최대한 억제시키는 작용을 하게된다.

지금까지는 Oxalate나 Glutaraldehyde와 같은 특정한 성분들의 상아세관의 폐쇄효과에 대해 연구가 주로 되어져 왔지만, 현재 흔히 사용되는 지각과민 처치제

는 여러 가지 성분들로 인해 효과면에서 많은 차이점을 보이는 것으로 생각되어 왔지만 많은 연구가 이루어지지 않은 것이 사실이다. 또한 지각과민 처치제를 사용했을 때 효과가 오래가지 않는 경우가 많은데 그 이유라고 생각되어지는 지각과민 처치제의 마모에 대한 연구가 아직까지는 미미한 상태이다.

따라서 본 연구에서는 지각과민을 치료하는 지각과민 처치제와 칫솔질에 의한 마모가 상아질 투과도에 미치는 영향을 알아보기 위해서 Pashely가 고안한 스플릿 챔버 장치를 이용하였고 hydraulic conductance(L_p)값을 측정하여 투과도를 정량화시켰다. 각 챔버와 'O' 링 사이의 미세 누출이 없는 것을 증명하기 위하여 불투과성의 폴리에틸렌 디스크를 상아질 디스크 대신 위치시킨 후 생리식염수의 투과와 공기방울의 이동이 없는 것을 확인하였다. 총 4개의 군으로 나누어서 각 군당 15개씩의 상아질 디스크를 가지고 실험하였다. 정확한 비교를 위해서 상아질 디스크는 단위면적 당 같은 양의 상아세관을 가져야 하고 상아세관의 잘린 각도가 일정해야 하며 각 세관들의 직경이 같아야 한다. 본 연구에서는 상아-법랑 경계 아래와 치수 각 위 사이의 1㎜두께(시편의 평균 두께: 1.03±0.097㎜)의 치관부 상아질 디스크를 사용하였는데 치관부 상아질의 경우 치수에서 상아-법랑 경계 부위로 갈수록 상아세관수가 점차 줄어들며 세관의 직경도 점차 감소하는 양상을 보이므로 균질화된 디스크 표본을 얻기가 힘들었다[14]. 이에 비해 치근부 상아질은 이러한 차이가 별로 없기 때문에 치근부 상아질을 표본으로 사용했으면 비균질화된 표본 사용으로 인한 표본오차를 좀 더 줄일 수 있었을 것이라고 생각되어지나, 치근부 상아질은 치수위의 치관부 상아질보다는 상아세관의 밀도가 적기 때문에 상아질 투과도의 효과의 극대화를 위해 치간부 상아질을 사용하기로 하였다. 또, 표본으로 우식이 없는 치아를 사용했는데 우식 치아와 우식이 없는 치아를 비교할 때 치아삭제 후 도말층 발생은 서로 비슷하지만 산부식 후 우식이 없는 치아는 조직파편이 완전히 제거된 개방된 세관입구를 보이는 반면 우식 치아의 경우엔 세관입구의 조직파편이 완전히 제거되지 않고 부분적으로 막혀있는 것을 볼 수 있으며 이차 상아질의 형성으로 인해 세관액의 이동이 줄어들어 있다고 한다[22]. 따라서, 우식 치아와 비우식 치아를 함께 시편으로 제작했다면 우식 치아에서 hydraulic conductance(L_p)가 더 감소되어 나타나게 되어 표본오차가 발생되었으

리라 생각되어 본 연구에서는 비우식 치아를 사용하였다.

각 약제간의 처치 전과 처치 후, 칫솔질을 시행한 것이 투과도에 미치는 영향을 비교하기 위해서 L_p의 %변화량을 사용하였다. 이는 사용 전 상아질 디스크 자체가 가지고 있는 생물학적인 다양성으로 인한 표본오차를 고려한 것이다[31].

Hydraulic conductance값에 영향을 주는 요소들은 여러 가지가 있다. Pashely 등은 상아질 디스크와 치관 분절을 이용한 실험에서 도말층의 존재 유무와 상관없이 치수 각의 윗 부분인 가장자리엔 투과도가 높고 중앙부위에서는 낮다고 하였으며 이는 치수쪽에 가까울수록 단위면적 당 세관의 수가 많아지고 직경이 커진다는 사실로 설명할 수 있다고 하였다[32].

Pashely 등은 상아질 디스크의 표면적, 두께, 온도, 발치 후 저장시간 등을 다양하게 변화시켜서 이들과 상아질 투과도 사이의 상관관계들을 조사하였다[33]. 상아질의 투과도는 표면적의 변화에 직접적으로 비례하여 증가됨을 볼 수 있었고 증가되는 정도는 디스크가 법랑질쪽보다 치수쪽에 위치된 경우 더 크게 나타났다. 온도의 경우 25℃에서 35℃로 약 10℃를 증가시키자 투과도가 약 2배 증가됨을 볼 수 있었다. 그리고 발치 후 저장시간과 투과도 사이의 상관관계는 거의 없으나 초기의 짧은 기간 동안에 약간의 투과도의 증가를 보인다고 하였다[33,34]. 본 연구에 사용된 치아들은 발치 후 다양한 정도의 저장시간을 가지고 있었으며 저장시간이 투과도에 미치는 영향은 없는 것으로 가정하고 실험하였다. 가장 큰 영향을 미치는 요소로는 디스크의 두께를 들 수 있으며 두께를 감소시킬수록 투과도는 점차 증가하였고 같은 두께에서는 법랑질쪽에서 치수쪽으로 두께를 감소시킨 경우가 치수쪽에서 법랑질쪽으로 두께를 감소시킨 경우보다 더 큰 투과도의 증가를 보였다[33]. 이는 치수쪽과 법랑질쪽의 단위면적 당 세관의 수와 직경이 다름을 설명한 Brännström의 주장으로 이해될 수 있다.

본 연구에서는 도말층의 효과를 재현하기 위해서 120grit의 연마지로 제작된 상아질 디스크 표면을 30초 동안 문질러서 도말층을 생성시켰다.

Dippel 등에 의하면 실제 임상에서는 치아삭제 시 다이아몬드 바, 카바이드 바, 치즐 같은 수 작업 기구로 삭제 후 발생되는 도말층은 사용된 바의 종류나 회전속도에 관계없이 산 부식후 비슷한 세관개방의 효과를 나타낸다고 하였다[14].

지각과민을 줄여주는 지각과민 처치제는 현재 여러 종류가 사용되어지나, 그 작용기전이나 효과는 각기 다르다. 이 연구에서는 우리나라에서 흔히 사용되어지는 Gluma desensitizer®, Seal & Protect®, All-Bond 2®, MS Coat®의 4종류의 지각과민 처치제를 가지고 사용하였다.

Gluma desensitizer는 주로 5% glutaraldehyde와 35% hydroxyethylmethacrylate(HEMA)로 구성되어 있다. Glutaraldehyde는 상아세관내 단백질과 결합하여 침전물을 형성하는 기전으로 상아세관을 폐쇄한다. 또한, glutaraldehyde는 세균의 증식도 억제한다. HEMA의 역할은 아직 정확히 알려져 있지는 않지만, 수용성 때문에 glutaraldehyde가 상아세관내로 깊이 침투할 수 있도록 해주는 역할을 하는 것으로 사료된다. Bergenholtz 등은 Gluma를 처치한 원숭이의 상아질에서는 혈장 알부민의 외부로의 유출이 완전히 중단되었다고 보고하였다[35]. 하지만 Gluma처리 후 12개월 후부터는 상아세관의 폐쇄 효과가 떨어진다는 Schüpbach의 실험 결과를 보면 알 수 있듯이 Gluma의 효과는 가역적이라 할 수 있다[36].

Seal & Protect는 결합을 증진시키는 PENTA라는 물질과 di-,trimethacrylate resin, 마모에 저항하는 nanofiller, 광중합 개시제, acetone, 세균의 증식을 억제하는 triclosan 등으로 구성되어져 있다.

All-Bond 2는 resin-based adhesive로서 A,B primer로 구성되어 있다. primer는 N-tolyglycine-glycidyl methacrylate(NTG-GMA)와 biphenyl dimethacrylate의 polymer matrix이다. All-Bond 2의 효과에 대한 연구는 거의 없었지만, Ianzano 등은 8명의 환자에서 42개의 치아를 대상으로 All-Bond 2의 효과를 연구한 결과 도포 후 6개월동안 치경부 지각과민에 효과가 좋다고 발표하였다[37]. Tay 등은 in vivo에서 All-Bond 2의 레진과 상아질과의 계면을 연구했는데, acetone에 들어있는 primer와 레진이 상아질로 침투해서 혼합층(hybrid layer)를 형성한다고 하였다. 또, 효과적인 폐쇄효과를 나타내는 기전은 (1) 혼합층(hybrid layer)를 형성하여 상아세관의 내면 직경을 줄이고, (2) 줄여진 상아세관을 레진 globule로 hollow resin sheath의 inner zone을 형성해 결과적으로 상아세관을 폐쇄한다고 설명하였다[38].

MS Coat는 Polymer-reinforced precipitate로 주요 성분은 poly-stylene

sulfonic acid, polymethyl methacrylate, oxalic acid이다. MS Coat는 상아세관내 치질의 칼슘과 반응하여 칼슘 화합물을 상아세관에 침전시키고, reactive polymer가 침전물과 치질과 화학적으로 결합하여 상아세관을 침전시킨다. Camps 등은 Protect®, Gluma®, MS Coat®가 상아질 투과도에 미치는 영향에 대해 연구하였는데, 이 세 탈감작제 모두 60 85%정도의 상아질 투과도를 감소시켰지만 MS Coat가 가장 큰 투과도 감소(85%)를 보였다[35]. Zhang 등은 산 부식여부에 따라 MS Coat가 상아질 투과도에 미치는 영향을 조사하였는데, MS Coat처리 직후에는 산 부식여부와는 관계없이 투과도가 크게 감소하였으나, 산 부식한 경우에서 처리한 달 후의 상아질 투과도가 처리하기 전의 상아질 투과도와 비슷한 수준으로 돌아왔다고 발표하였다. 그 이유는 산 부식한 표면에 무기물질이 부족하기 때문에 Poly-stylene sulfonic acid와 칼슘간의 결합을 방해했기 때문이라고 사료된다[39].

이번 실험에서는 지각과민을 나타내는 상아질을 표현하기 위해서 37% 인산으로 전처리하였는데, 이 때문에 주사 전자 현미경 사진, 원자 힘 현미경사진을 보면 각 지각과민 처치제로 처리하였음에도 불구하고 Seal & Protect을 제외한 모든 시편에서 상아세관이 완전히 폐쇄되지 않고 단지 상아세관의 직경이 감소하였음을 볼 수 있었다. 상아질 투과도 측정 결과, 상아세관이 완전히 폐쇄되지 않았음에도 불구하고 모든 지각과민 처치제 처리 후 투과도가 급격히 낮아졌음을 알 수 있다. 이는 투과도는 (직경)^{4}에 비례한다는 Poiseuille's law에서 알 수 있듯이 상아세관의 직경이 감소함으로써 투과도는 (감소한 직경)^4 배로 감소했기 때문이라고 사료된다.

칫솔질에 대한 마모의 영향을 극대화하기 위해서 시중에서 구할 수 있는 치약 중 가장 마모력이 우수한 안티플라그 치약(부광약품, 한국)을 사용하였고, 칫솔은 Oral-B® (nylon-tufted, Oral-B Inc., Belmont, CA, U.S.A.) 칫솔을 사용하였다.

상아질 투과도 측정시 시편에 200㎜Hg(26.7㎪)의 압력을 가하였는데, 이는 정상 치수강내 압력인 14.1㎝H_2O(1.38㎪)보다는 큰 압력이다. 하지만, 이런 압력을 사용하여 상아질 투과도를 측정하려면 특수한 장치[35]나 긴 측정시간이 필요하기 때문에 좀 더 큰 압력을 가하여 짧은 시간에 상아질 투과도를 측정할 수 있도록 하였다.

실험 내내 시편을 생리식염수에 보관하였다. Camps 등[35]이 발표한 지각과민 처치제가 상아질 투과도에 미치는 영향에 대한 연구에서처럼 상아세관액과 비슷한 장액(serum)을 사용하는 것이 가장 이상적이라고 생각되어지나 지각과민 처치제와 칫솔질에 대한 상아질 투과도의 변화 양상을 관찰하는 것이 이 실험의 목적이었으므로 가능한 한 상아질 투과도의 결과를 변하게 하는 변수를 제거하기로 하였다.

실험에 사용된 4가지의 지각과민 처치제들은 각기 상아세관을 폐쇄하는 기전이 다름에도 불구하고 시편에 처리한 직후에는 모두 상아질 투과도를 급격히 감소시켰다. (MS Coat: 99.61%, Seal & Protect: 97.96%, All-Bond 2: 97.05%, Gluma: 88.46%) 하지만, MS Coat를 제외하고는 나머지 3개의 지각과민 처치제 모두 6주(840회)에 해당하는 칫솔질 시행 후에는 오히려 상아질 투과도가 감소한 양상이 나타났다. 이는 주사 전자 현미경사진과 원자 힘 현미경사진에서도 알 수 있다. Jain 등은 칫솔질 자체는 초기에는 상아세관을 개방, 확대시키지만, 나중에는 칫솔질에 의해서 생성된 도말층이 점차적으로 상아세관을 폐쇄한다고 하였다. 또한, 이런 현상은 치약을 사용했을 때, 보다 빠르게 일어난다고 하였다[40]. MS Coat인 경우 앞서 언급한 Zhang 등의 연구결과와 같이 칫솔질 횟수와는 관계없이 상아질 투과도가 나머지 3개의 지각과민 처치제에 비해 높아진다는 것을 알 수 있다[39]. Suggs 등은 30일 후에는 MS Coat의 효과가 감소한다고 보고하였다[41]. 주사 전자 현미경사진에서보면 MS Coat의 초기 상아세관의 폐쇄효과는 우수하지만 칫솔질 횟수가 늘수록 다른 지각과민 처치제와는 다르게 도말층이 생기지 않고 상아세관이 개방되는 양상을 볼 수 있다. 이는 산 부식으로 상아질 표면에 무기물질이 부족하기 때문에 poly-stylene sulfonic acid와 칼슘간의 결합을 방해하여 칫솔질에 대한 마모가 쉽게 된 이유라고 생각된다. 따라서, MS Coat는 수복하지 않는 지각과민의 치료에는 적합지 않고 치아를 수복하는 경우에 쓰이는 지각과민의 치료에 효과적이라고 사료된다.

지각과민 처치제에 따라 칫솔질에 따른 상아질 투과도의 변화 양상이 조금씩 차이가 있음을 알 수 있다. 이는 각 지각과민 처치제의 성분상의 차이로 인해 상아세관의 폐쇄효과가 서로 다르고 칫솔질에 대한 마모에 대한 저항이 다르기 때

문이라고 사료된다.

이번 연구에서는 주사 전자 현미경사진과 원자 힘 현미경사진과 실험결과가 일치하지 않은 경우도 있었다. Zhang[39] 등의 지각과민 처치제가 상아질 투과도에 미치는 영향을 연구한 논문에서도 상아질 투과도와 주사 전자 현미경사진과 일치되지 않은 경우가 있었다. 이는 사진 촬영시 시편을 완전히 건조시켜야 하기 때문에 상아질 표면 양상이 분명히 나타나지 않기 때문이라고 사료된다.

실험에 사용된 4가지의 지각과민 처치제들 모두 처리직후에는 상아질 투과도를 급격히 감소시켰다. 따라서 초기 상아세관의 폐쇄능력은 좋다고 할 수 있다. 연구 결과로 보아 처치 후 상방에다 수복치료를 하지 않는 한, 실험에 사용한 지각과민 처치제의 상아세관의 폐쇄능력은 일시적인 것으로 보여진다. 또한, 수복치료를 하지 않는 경우에 지각과민을 치료하기 위해서는 지각과민 처치제로 초기 증상을 완화시킨 후, 점차적으로 적절한 칫솔질을 통하여 궁극적으로 지각과민의 증상 완화를 꾀하여야 할 것으로 사료되나, 향후 지각과민 완화를 위한 보다 영구적인 지각과민 처치 방법 및 처치제의 개발이 요구된다.

Ⅴ. 결 론

지각과민 처치제 도포 후 칫솔질에 의한 마모가 상아질 투과도에 미치는 영향을 알아보기 위하여 우식이나 마모가 없는 치아를 이용하여 1㎜두께의 치관부 상아질 디스크를 제작한 다음, Pashely가 고안한 스플릿 챔버 장치를 이용하여 Gluma desensitizer®, Seal & Protect®, All-Bond 2®, MS Coat®의 4종류의 지각과민 처치제를 처리하기 전과 처리한 후, 1주, 2주, 6주에 해당하는 칫솔질을 적용한 후에 측정한 hydraulic conductance와 주사 전자 현미경 사진과 원자 힘 현미경 사진을 비교, 분석하여 다음과 같은 결과를 얻었다.

1. 모든 군에서 지각과민 처치제 처리 후 hydraulic conductance가 급격히 감소하였다. (MS Coat: 99.61%, Seal & Protect: 97.96%, All-Bond 2: 97.05%, Gluma: 88.46%)
2. Gluma, Seal & Protect, All-Bond 2의 지각과민 처치제를 처리한 시편에서는 1주(140회), 2주(280회)의 칫솔질을 시행한 후에 상아질 투과도가 점점 증가하였으나, 6주(840회)의 칫솔질을 시행한 후에는 오히려 상아질 투과도가 감소하였다.
3. MS Coat는 칫솔질의 횟수와는 관계없이 칫솔질을 시행한 후에는 유의성있게 상아질 투과도의 증가를 보였다.
4. 주사 전자 현미경과 원자 힘 현미경 사진 관찰에서는 지각과민 처치제 처리 후 상아 세관의 직경이 감소한 양상을 나타냈다. 또한, MS Coat를 제외한 Gluma, Seal & Protect, All-Bond 2의 나머지 3종류의 지각과민 처치제를 처리한 시편에서는 칫솔질을 시행함으로써 상아질의 표면에는 도말층이 생성되는 것을 관찰하였다.

이상의 결과를 보면 지각과민 처치제의 상아세관의 폐쇄 능력은 단기적으로는 효과적으로 보이나 장기적으로는 마모로 인해 상아세관의 폐쇄 능력이 떨어지므

로 지각과민을 치료하기 위해서는 지각과민 처치제로 초기 증상을 완화시킨 후, 점차적으로 적절한 칫솔질을 통하여 궁극적으로 지각과민의 증상 완화를 꾀하여야 할 것으로 사료되나, 향후 지각과민 완화를 위한 보다 영구적인 지각과민 처치 방법 및 처치제의 개발이 요구된다.

참고문헌

1. Brännström M., Linden L., Johnson G.: Movement of dentinal and pulpal fluid caused by clinical procedures. J Dent Res 47:679-682, 1968.
2. Anderson D.J., Matthews B., Shelton L.E.: Variations in the sensitivity to osmotic stimulation of human dentin. Arch Oral Biol 12:43, 1967.
3. Brännström M., Johnson G., Nordenvall K-J: Transmission and control of dentinal pain : Resin impregnation for the densensitization of dentin. J Am Dent Assoc 99:612, 1979.
4. Rauschenberge C.R.: Dentin permeability. The clinical ramification. DCNA 36:527-542, 1992.
5. Brännström M., Astrom A.: A study on the mechanism of pain elicited from the dentin. J Dent Res 43:619-625, 1964.
6. Brännström M., Linden L., Johnson G.: Movement of dentinal and pulpal fluid caused by clinical procedures. J Dent Res 47:679-682, 1968.
7. Anderson D.J., Matthews B., Gorretta G.: Fluid flow through human dentin. Arch Oral Biol 12:209-216, 1969.
8. Pashely D.H., Carvalho R.M.: Dentin permeability and dentin adhesion. J Dent 25:355-372, 1997.
9. Brännström M., Johnson G., Linden L.: Fluid flow and pain response in the dentin produced by hydrostatic pressure. Odont Revy 20:16-30, 1969.
10. Johnson G., Brännström M.: The sensitivity of dentin : Changes in relation to conditions at exposed tubule apertures. Acta Odont Scandl 32:29-38, 1974.
11. Reeder Jr O.W., Walton R.E., Livingstone M.J., Pashely D.H.: Dentin permeability : Determinants of hydraulic conductance. J Dent Res 57(2):187-193, 1978.
12. Brännström M., Johnson C.: Effect of various conditions and cleaning agent on prepared dentin surfaces : A scanning electron microscopic investigation. J Prosthet Dent 31:422, 1974.
13. Bradford E.A.: The dentine a barrier to caries. Br Dent J 109:387, 1960.
14. Dippel H.W., Borggreven J.M.P.M., Hoppenbrouwers P.M.M.: Morphology and permeability of the dentinal smear layer. J Prosthet Dent 52:657-662, 1984.
15. Rimondini L., Baroni C., Carrass A.: Ultrastructure of hypersensitive

and non-hypersensitive dentin : A study on replica models. J Clin Periodontol 22:899-902, 1995.
16. Pashely D.H., Livingstone M.J., Greenhill J.D.: Regional resistances to fluid flow in human dentin in vitro. Arch Oral Biol 23:807, 1978.
17. Pashely D.H., Livinstone M.J. Outhwaite W.: Dentin permeability changes produced by iontophoresis. J Dent Res 57:77, 1978.
18. Pashely D.H., Ciucchi G., Sano H., Homer J.A.: Permeability of dentin to adhesive agents. Quintessence International 249:618-631, 1993.
19. Brännström M.L., Linden A., Storom A.: The hydrodynamics of dentin and pulp fluid : Its significance in relation to dental pain. Caries Res 1:310-317, 1967.
20. Nakabayashi N., Kojima K., Masuhara E.: Promotion of adhesion by the infiltration of monomers into tooth substrates. J Biomedical Materials Research 16:265-273, 1982.
21. Marshall G.W., Marshall S.J., Kinney J.H.,Balooch M.: The dentin substrate : structure and properties related to bonding. J Dent 25:441-458, 1997.
22. Pashely D.H., Michelich V., Kehl T.: Dentin permeability : Effects of smear layer removal. J Prosthet Dent 46:531-536, 1981.
23. Pashely D.H.: Smear layer : Physiologic considerations. Oper Dent 9:13-29, 1984.
24. Wieman A., Drake D.: Effect of smear layer on in vitro root canal bacterial colonization. J Endodontics 17:189, 1991.
25. Strassler H.E., Nathanson D.: The new generation dentin bonding agents. Alpha Omega 81:28, 1988.
26. Brännström M.: Smear layer: Pathological and treatment considerations. Oper Dent supple 3:35-42, 1984.
27. Garcia-Godoy F.: Dentin surface treatment and shear bond strength of a light-cured glass ionomer. Am J Dent 5:283-285, 1992.
28. Srisawaski S., Boyer D.B. Reinhardt J.W.: The effect of removal of the smear layer on microleakage of class V restorations in vitro. Dent Mater 4:384-389, 1988.
29. Graf H., Galasse R.: Morbidity, prevalence and intra-oral distribution of hypersensitivity teeth. J Dent Res 56:162, 1977.
30. Absy E.G., Addy M., Adams D.: A study of the patency of dentinal tubules in sensitive and non-sensitive cervical dentin. J Clin Periodontol 14:280-284, 1987.

31. Greenhill J.D., Pashely D.H.: The effect of desensitizing agent on the hydraulic conductance of human dentin in vitro. J Dent Res 60:686-698, 1981.
32. Pashely D.H., Andringa H.J., Derkson G.D., Derkson M.E., Kalathoor S.R.: Resional variability in the permeability of human dentin. Arch Oral Biol 32:519-523, 1987.
33. Reeder O.W., Livingstone M.J., Pashely D.H.: Effects of changes in surface area, thickness, temperature, and post extraction time on human dentin permeability. Arch Oral Biol 21:599-603, 1976.
34. Goodis H.E., Marshall Jr G.W., White J.M.: The effects of storage after extraction of the teeth on human dentin permeability in vitro. Arch Oral Biol 36:561-566, 1991.
35. Camps J., Pizant S., Dejou J., Franquin J.C.: Effect of desensitizing agents on human permeability. Am J Dent 11:286-290, 1998.
36. Schüpbach P., Lutz F., Finger W.W.: Closing of dentinal tubules by Gluma desensitizer. Eur J Oral Sci 105:414-421, 1997.
37. Ianzano J.A., Gwinnett A.J., Westbay G.: Polymeric sealing of dentinal tubules to control sensitivity.: Periodontol Clin Invest 15:13-16, 1993.
38. Tay F.R., Gwinnett A.J., Pang K.M., Wei S.H.Y.: Structural evidence of a sealed tissue interface with a total etch wet bonding technique, in vitro. J Dent Res 73:629-636, 1994.
39. Zhang Y., Agee K., Pashley D.H.: The effects of Pain-Free desensitizer on dentin permeability and tubule occlusion over time, in vitro. J Clin Periodontol 25:884-891, 1998.
40. Jain P., Vargas M.A., Denehy G., Boyer D.B.: Am J Dent 10:21-27, 1997.
41. Suggs A.K., Cox C.F., Cox L.K., Suzuki S., Suzuki S.H.: Colloidal MSE for differential diagnosis and treatment of dentin hypersensitivity. Presented at Chiba Japan July 3rd through 6th 1995.
42. **김종현, 심준성, 이근우 : 치과용 지혈제가 상아질 투과도에 미치는 영향. 대한치과보철학회지**: vol.38, No.4, 2000

ABSTRACT

The Effects of Desensitizing Agents and Tooth Brushing on Dentin Permeability, in vitro

JONG-WOOK LEE, D.D.S.

Department of Dental Science, Graduate School, Yonsei University

(Directed by Professor **KEUN-WOO LEE, D.D.S., M.S.D., Ph.D.**)

Desensitizing agents are commonly used in tooth sensitivity but their effects are often for a short duration. One of the reasons is believed to be wear of desensitizing agent although it has been rarely studied.

To study the effect of dentin permeability on a tooth with wear from tooth brushing after application of desensitizing agent, extracted teeth free from caries were chosen. Coronal dentin discs with thickness of 1mm were prepared. Using the split chamber device developed by Pashely, hydraulic conductance, scanning electron microscope images(SEM) and atomic force microscope images(AFM) were compared and contrasted before and immediately after the application of desensitizing agent and after equivalent tooth brushing of 1 week, 2 weeks, and 6 weeks. Four commercially available desensitizing agents were used in this study; they were Gluma, Seal & Protect, All-Bond 2 and MS Coat. The results of this study are as follows.

1. On all specimens, the hydraulic conductance decreased after the application of tooth desensitizing agent.
2. Except the specimens treated with MS Coat, the remaining specimens had an increase in dentin permeability after tooth brushing for 1 and 2 weeks but a decrease after 6 weeks.
3. The specimens treated with MS Coat had statistically significant increase in the dentin permeability regardless with the duration of tooth brushing.

4. On examination of SEM and AFM, the dentinal tubule diameter had decreased after treatment of desensitizing agents. The specimens other than those treated with MS Coat, smear layers were noted after tooth brushing. It is not always consistant but the hydraulic conductance correlated with the images from SEM and AFM.

Reflecting the above results, the effect of desensitizing agent in tooth sensitivity from obstructing dentinal tubules is temporary. The dentinal sensitivity should therfore be treated initially with a desensitizing agent but followed by tooth brushing for a prolonged management.

Key words : dentin permeability, desensitizing agent, tooth sensitivity, smear layer