

지각과민 처치제 도포 후 칫솔질에 의한 마모가 상아질 투과도에 미치는 영향

연세대학교 치과대학 치과보철학교실

이종욱 · 심준성 · 이근우

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 일 있다.

지각과민을 설명하는 이론중 가장 널리 받아들여지는 이론은 '유체역학 이론(Hydrodynamic theory)'이다.¹⁾ 임상적으로 이런 형태의 동통은 온도변화, 고장액(hypertonic solution), 물리적 압력, 압축공기 등과 같이 상아세관액을 팽창시키거나 수축시키는 자극에 의해 일어난다.²⁾

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 점도, 상아세관의 수와 직경 등이 있으나 상아세관의 수와 직경이 가장 중요한 요소가 된다. 특히, 세관의 반지름이 두 배 증가하면 투과도는 2⁴배로 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.³⁾

Rimondini 등⁴⁾은 치경부 마모가 있는 환자들 중 과

민성 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.

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

1. 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, USA)을 이용해서 우선 교합면 법랑질을 제거한 뒤 1mm두께의 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(10mm)보다 큰 경우에는 이에 맞게 부분적으로 삭제해서 챔버 내에 안정적으로 들어갈 수 있는 디스크 크기로 만들었다.

2. 스플릿 챔버 장치 및 실험 설계

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

일정한 정수압을 주기 위해서 임플란트 수술시 사용하는 Pressure cuff(Nobelpharma, G teborg, Sweden)가 달린 생리식염수로 200mmHg의 압력을 가하여 생리식염수가 고무관을 통해 흘러가도록 하여 폴리에틸렌 연결관과 연결된 일정길이의 모세관(직경 1mm, 길이 75mm)을 거쳐서 다른 연결관, 도

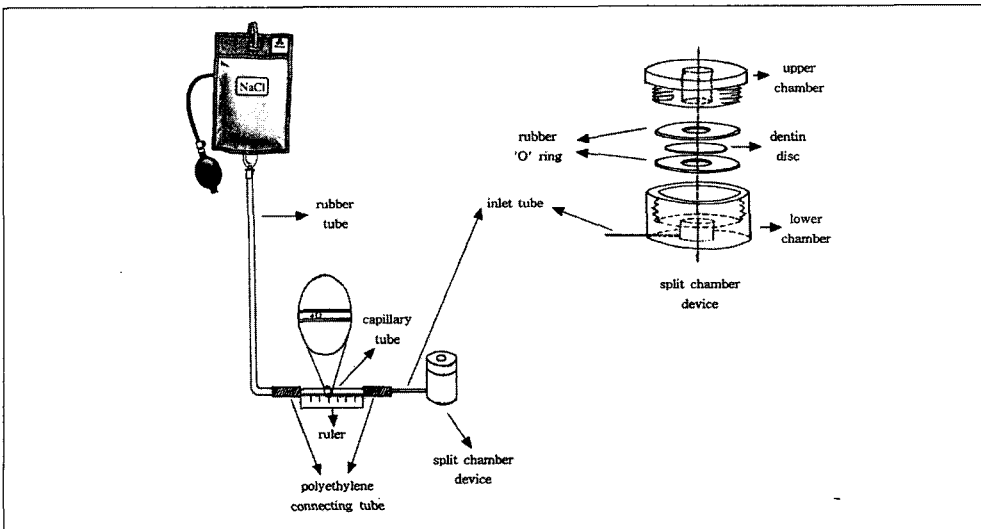


Fig. 1. Schematic view of Pashely's device.

Table 1. Desensitizing agents used in this study

	Composition	Manufacturer
Gluma Desensitizer®	· HEMA · Glutaraldehyde · Purified water · Mequinal	Heraeus Kulzer Inc., Indiana, USA
Seal & Protect®	· PENTA · Di, Trimethacrylate · Nanofiller · Acetone · Triclosan	Dentsply Co., Konstanz, Germany
All-Bond 2®	· NTG-GMA · BPDm · Acetone	Bisco Inc., Illinois, USA
MS Coat®	· Poly-styrene Sulfonic acid · PMMA · Oxalic acid	Sun medical Co., Shiga, Japan

입관을 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 이용해서 계산하였다.

3. 실험 재료

실험에 사용된 4개의 치과용 지각과민 처치제는 Table 1과 같다.

4. 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_p 값을 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_p 값을 구하였다(L_{p1}). 시편을 부가중합형 고무인상재를 이용하여 시편을 마운팅한 후 마모시

험기의 챔버안에는 500ml의 물에 150gram의 안티플라그(부광약품, 한국) 치약을 골고루 섞어 치약-물 혼합액(slurry water)을 만들었다. 이에 150gram의 중량을 가하여 1주일의 칫솔질에 해당하는 140회의 칫솔질을 마모 시험기를 이용하여 시행한 후 같은 방법으로 스플릿 챔버 장치에 위치시켜서 공기방울의 이동거리를 측정하여 이를 가지고 L_p 값을 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_p 값을 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_p 값을 구하였다(L_{p4}).

5. 상아질 투과도

(1) Hydraulic conductance

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

$$L_p = \frac{F}{P \times (SA) \times t}$$

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

F : filtration rate in μ

P : hydrostatic pressure difference across dentin in mmHg(200mmHg)

SA : dentin surface area in $\text{cm}^2(\pi \times (0.2\text{cm})^2 = 0.126\text{cm}^2)$

t : time in minute(10minutes)

F는 모세관을 통해 이동한 공기방울의 거리를 $x\text{mm}$ 라고 할 때 다음과 같다.

$$F = \pi \times (0.5)^2 \times x \times 10^3$$

따라서 L_p 값은 다음과 같이 구해진다.

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

(2) %변화

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

$$\% \text{변화} = \frac{\text{처치 후 } L_p - \text{처치 전 } L_p(L_p0)}{\text{처치 전 } L_p(L_p0)} \times 100 \dots\dots \textcircled{6}$$

%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

6. 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.

7. 원자 힘 현미경(Atomic Force Microscope) 사진관찰

시편의 표면을 원자 힘 현미경으로 관찰하였다. 얻어진 그림 중에서 3차원 자료를 선택하여 시편 표면을 관찰하였다.

8. 통계분석

각 디스크 당 지각과민 처치제를 처치하기 전과 처치한 후, 그리고 칫솔질한 후의 L_p 값의 변화가 나타났는지 알아보기 위해서 Wilcoxon signed rank test를 사용했고, 처치한 약제간의 L_p 변화에 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.

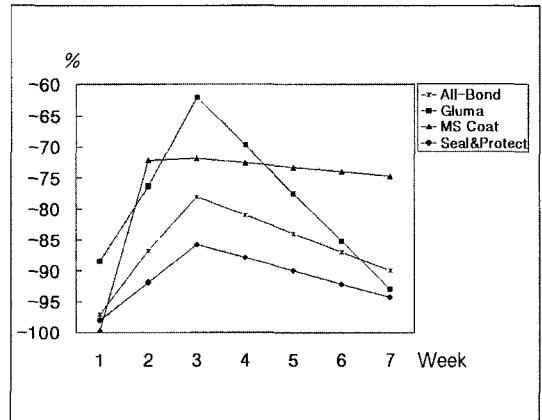


Fig. 2. %change values of hydraulic conductance.

Table II. Mean of L_p values and % change values

Agent	$L_p 0$	$L_p 1$	%change1	$L_p 2$	%change2	$L_p 3$	%change3	$L_p 4$	%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

Ⅲ. 실험성적

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

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.

약제의 처치 전과 처치 후, 칫솔질 시행 후의 L_p값의 차이가 있는지 보기 위한 Wilcoxon signed rank test결과, Gluma는 약제 처치 전과 처치 후, 칫솔질 2주와 1주, 6주와 2주에서의 상아질 투과도의 차이가 있는 것으로 나타났고, Seal & Protect는 약제 처치 전과 처치 후, 칫솔질 1주와 약제 처치 후, 6주와 2주에서의 상아질 투과도의 차이가 있는 것으로 나타났고, All-Bond 2는 약제 처치 전과 처치 후, 칫솔질 1주와 약제 처치 후, 2주와 1주, 6주와 2주에서 모두 차이가 있는 것으로 나타났고, MS Coat는 처치 전과 처치 후, 칫솔질 1주와 약제 처치 후에서만 차이가 있는 것으로 나타났다(p < 0.05, Table III).

각 약제의 효과가 차이가 있는지 알아보기 위해서 Kruskal-Wallis test를 시행한 결과, %변화량1, %변화량2, %변화량4에서 각 약제간에 차이가 있는 것으로 나타나 각 약제간의 효과를 분석하기 위해서 사후검정 중 Tukey's multiple comparison test를 시행하였다(Table IV ~ V).

Table III. 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

Table IV. 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 V. 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.

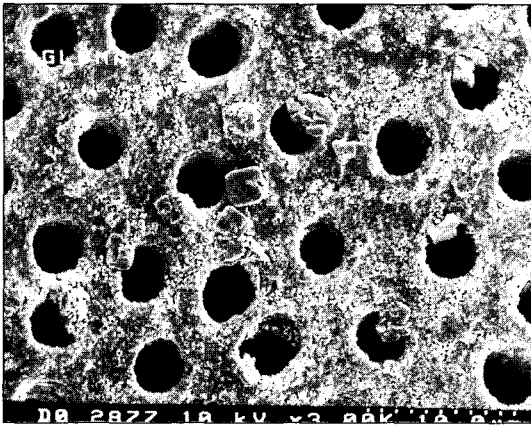


Fig. 3. Gluma: SEM of dental surface: after 6-week tooth brushing.

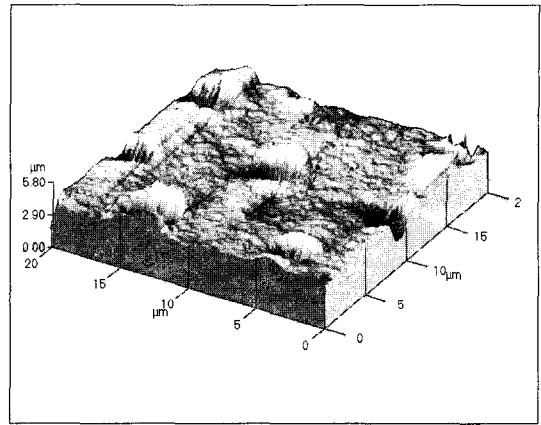


Fig. 4. Gluma: AFM of dental surface: after 6-week tooth brushing.

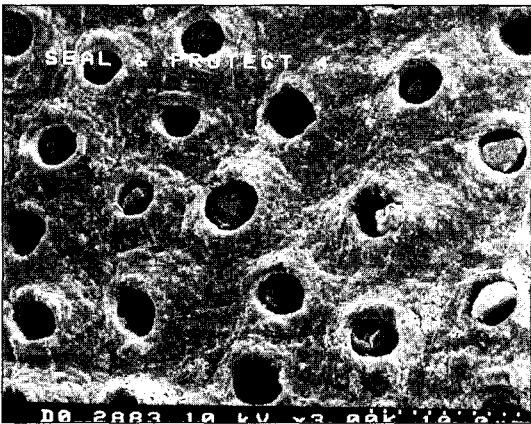


Fig. 5. Seal&Protect: SEM of dental surface: after 6-week tooth brushing.

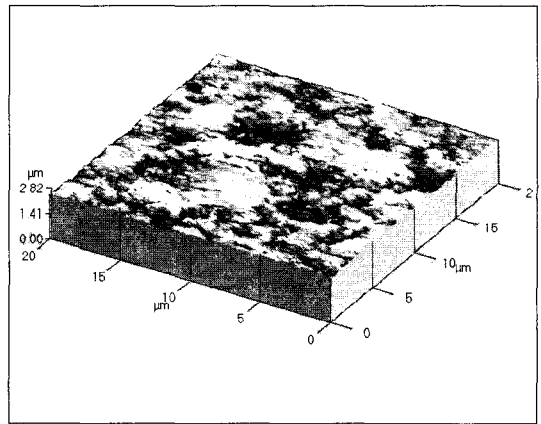


Fig. 6. Seal&Protect: AFM of dental surface: after 6-week tooth brushing.

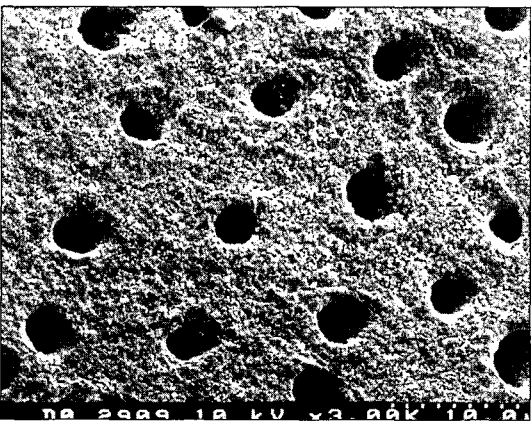


Fig. 7. All-Bond: SEM of dental surface: after 6-week tooth brushing.

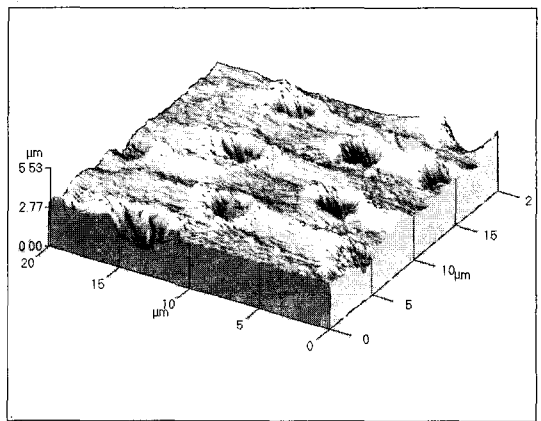


Fig. 8. All-Bond: AFM of dental surface: after 6-week tooth brushing.

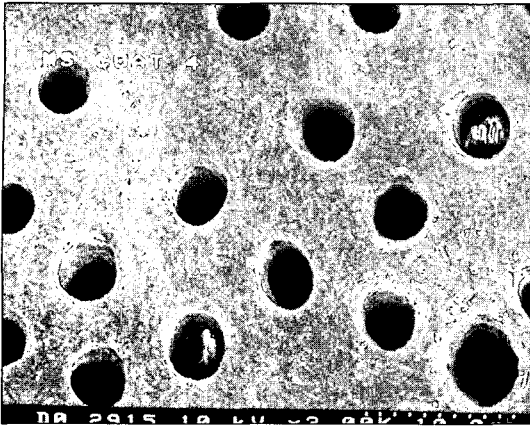


Fig. 9. MS Coat: SEM of dental surface: after 6-week tooth brushing.

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.

2. 주사 전자 현미경, 원자 힘 현미경 소견

Fig. 3, 4에서는 Gluma로 처리한 후 칫솔질을 6주간 시행함으로써 시편 표면에 도말층이 두텁게 생기고 도말층과 치약의 성분이 부분적으로 상아세관을 막는 양상을 볼 수 있다.

Fig. 5, 6에서는 Seal & Protect로 처리한 후 칫솔질을 6주간 시행함으로써 상아질을 덮고 있던 처치제가 마모되어 상아세관을 부분적으로 폐쇄한 모습을 볼 수 있다.

Fig. 7, 8에서는 All-Bond로 처리한 후 칫솔질을 6

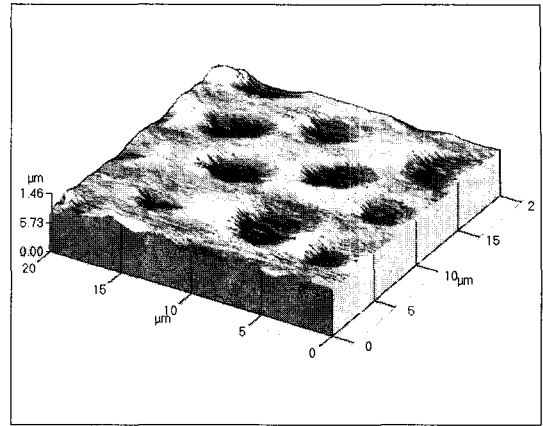


Fig. 10. MS Coat: AFM of dental surface: after 6-week tooth brushing.

주간 시행함으로써 도말층이 두텁게 생겨있는 모습을 잘 보여준다.

Fig. 9, 10에서는 MS Coat로 처리한 후 칫솔질을 6주간 시행함으로써 MS Coat가 마모된 양상을 볼 수 있고, 다른 약제와는 달리 도말층이 생기지 않는 양상을 보여준다.

IV. 총괄 및 고찰

상아질 지각과민은 아주 나이가 어린 경우를 제외한 모든 나이의 환자에서 흔히 볼 수 있는 증상이다. 어른 7명중 1명꼴로 상아질 지각과민 증상을 호소한다고 보고되었다.⁵⁾ 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.^{4,6)}

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 지각과

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

따라서 본 연구에서는 지각과민을 치료하는 지각과민 치치제와 칫솔질에 의한 마모가 상아질 투과도에 미치는 영향을 알아보기 위해서 Pashely가 고안한 스플릿 챔버 장치를 이용하였고 hydraulic conductance(L_p)값을 측정하여 투과도를 정량화시켰다. 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 1mm 두께(시편의 평균 두께: $1.03 \pm 0.097\text{mm}$)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.⁷⁾ 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 치관부 상아질을 사용하기로 하였다.

각 약제간의 치치 전과 치치 후, 칫솔질을 시행한 것이 투과도에 미치는 영향을 비교하기 위해서 L_p 의 %변화량을 사용하였다. 이는 사용 전 상아질 디스크 자체가 가지고 있는 생물학적인 다양성으로 인한 표본오차를 고려한 것이다.⁸⁾

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.⁹⁾

Pashely 등은 상아질 디스크의 표면적, 두께, 온도, 발치 후 저장시간 등을 다양하게 변화시켜서 이들과 상아질 투과도 사이의 상관관계들을 조사하였다.¹⁰⁾ 상아질의 투과도는 표면적의 변화에 직접적으로 비례하여 증가됨을 볼 수 있었고 증가되는 정도는 디스크가 법랑질쪽보다 치수쪽에 위치한 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.^{10,11)} 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.¹⁰⁾ 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.

지각과민을 줄여주는 지각과민 치치제는 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 치치제를 가지고 사용하였다.

이번 실험에서는 지각과민을 나타내는 상아질을 표현하기 위해서 37% 인산으로 전처리하였는데, 이 때문에 주사 전자 현미경 사진, 원자 힘 현미경 사진을 보면 각 지각과민 치치제로 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 치치제 처리 후 투과도가 급격히 낮아졌음을 알 수 있다. 이는 투과도는 (직경)⁴에 비

레한다는 Poiseuille's law에서 알 수 있듯이 상아세관의 직경이 감소함으로써 투과도는 (감소한 직경) 4배로 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, USA) 칫솔을 사용하였다.

상아질 투과도 측정시 시편에 200mmHg(26.7 kPa)의 압력을 가하였는데, 이는 정상 치수강내 압력인 14.1cmH₂O(1.38kPa)보다는 큰 압력이다. 하지만, 이런 압력을 사용하여 상아질 투과도를 측정하려면 특수한 장치¹²⁾나 긴 측정시간이 필요하기 때문에 좀 더 큰 압력을 가하여 짧은 시간에 상아질 투과도를 측정할 수 있도록 하였다.

실험 내내 시편을 생리식염수에 보관하였다. Camps 등¹²⁾이 발표한 지각과민 처치제가 상아질 투과도에 미치는 영향에 대한 연구에서처럼 상아세관액과 비슷한 장액(serum)을 사용하는 것이 가장 이상적이라고 생각되었으나 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.¹³⁾ MS Coat인 경우 앞서 언급한 Zhang 등의 연구 결과와 같이 칫솔질 횟수와는 관계없이 상아질 투과도가 나머지 3개의 지각과민 처치제에 비해 높아진다는 것을 알 수 있다.¹⁴⁾ Suggs 등은 30일 후에는

MS Coat의 효과가 감소한다고 보고하였다.¹⁵⁾ 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 산부식으로 상아질 표면에 무기물질이 부족하기 때문에 poly-styrene 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 때문이라고 사료된다.

이번 연구에서는 주사 전자 현미경사진과 원자 힘 현미경사진과 실험결과가 일치하지 않은 경우도 있었다. Zhang 등¹⁴⁾의 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 우식

이나 마모가 없는 치아를 이용하여 1mm 두께의 치관부 상아질 디스크를 제작한 다음, Pashely가 고안한 스플릿 챔버 장치를 이용하여 Gluma desensitizer®, Seal & Protect®, All-Bond 2®, MS Coat®의 4 종류의 지각과민 처치제를 처리하기 전과 처리한 후, 1주, 2주, 6주에 해당하는 칫솔질을 적용한 후에 측정된 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 감소 하였다. (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 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.

REFERENCES

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. Rauschenberge C.R.: Dentin permeability. The clinical ramification. *DCNA* 36:527-542, 1992.
3. Pashely D.H., Carvalho R.M.: Dentin permeability and dentin adhesion. *J Dent* 25:355-372, 1997.
4. 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.
5. Graf H., Galasse R.: Morbidity, prevalence and intra-oral distribution of hypersensitivity teeth. *J Dent Res* 56:162, 1977.
6. 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.
7. 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.
8. 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.
9. 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.
10. 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.
11. Goodis H.E., Marshall Jr G.W., White J.M.: The effects of storage after extraction of the teeth on human dentin permeability in vit-

- ro. Arch Oral Biol 36:561-566, 1991.
12. Camps J., Pizant S., Dejou J., Franquin J.C.: Effect of desensitizing agents on human permeability. Am J Dent 11:286-290, 1998.
 13. Jain P., Vargas M.A., Denehy G., Boyer D.B.: Am J Dent 10:21-27, 1997.
 14. 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.
 15. 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.
 16. Kim CH, Shin JS, Lee Kw.: The effect of hemostatic solutions on dentin, J Korean Acad. Prosthodont. 2000 ; 38 : 472-483.

Reprint request to:

Keun-Woo Lee, D.D.S., M.S.D., Ph.D.
Department of Prosthodontics, College of Dentistry, Yonsei University
134 Shinchon-Dong, Seodaemoon-Gu, Seoul 120-749, Korea
Tel. 82-2-361-8720,8733 Fax. 82-2-393-0177
E-mail. kwlee@yumc.yonsei.ac.kr

ABSTRACT

THE EFFECTS OF DESENSITIZING AGENTS AND TOOTH BRUSHING ON DENTIN PERMEABILITY, IN VITRO

Jong-Wook Lee,D.D.S., June-Sung Shim,D.D.S.,Ph.D., Keun-Woo Lee,D.D.S.,M.S.D.,Ph.D.

Department of Prosthodontics, College of Dentistry, Yonsei University

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 constant but the hydraulic conductance correlated with the images from SEM and AFM.

Key words : Dentin permeability, Desensitizing agent, Smear layer, Tooth sensitivity