

원저

대한구강보건학회지 : 제 30권 제 4호, 2006
J Korean Acad Dent Health Vol. 30, No. 4, 2006

메타규산나트륨을 배합한 지각과민완화치약의 상아세관 밀봉 효과와 마모도 비교

장선옥¹, 이수영^{2,5}, 최종훈³, 권호근^{2,4}, 김백일^{2,4,5}

¹연세대학교 치과대학 치과생체재료공학교실, ²예방치과학교실, ³구강내과학교실,

⁴구강과학연구소, ⁵구강악안면경조직재생센터

색인 : 메타규산나트륨, 상아세관 밀봉 효과, 지각과민치약, 치아마모도

1. 서 론

치아의 지각과민 증상은 치경부 치질 손실로 인해 상아질이 노출된 치면에 온도변화, 치아 마찰, 삼투압 등과 같은 다양한 외인성 자극이 원인이 되어 일시적으로 온도나 기계적 자극에 민감해지는 현상이다¹⁾. 상아질 지각과민 증상은 상아세관의 노출 정도에 따라 다양하게 나타난다. 상아질 지각과민의 가장 유력한 기전은 유체역학설로서, 상아세관내의 급속한 유체의 이동에 의하여 자극이 치수에 전달된다는 것이다²⁾. 상아질의 투과도에 영향을 미치는 요소는 치수내 압력, 상아세관의 길이, 액체의 점조도, 상아세관의 수와 직경 등이 있으나 이중 상아세관의 수와 직경이 가장 중요한 요소로 보고 되었다^{3,5)}. Absi 등⁶⁾은 지각과민으로 발거된 치아를 주사전자현미경으로 관찰한 결과, 지각과민이 없는 치아에 비해 협측 치경부 상아질에서 노출된 상아세관의 수

자가 단위 면적당 7배 정도 많은 것으로 관찰되었고, 지각과민 증상이 나타나는 상아질에서 상아세관의 직경이 0.9 μ m로써 지각과민이 없는 부위보다 약 2배 정도 넓다고 보고하였다. Yoshiyama 등⁷⁾도 지각과민이 있는 부위에서 상아세관이 더 많이 개방되어 있었으며, 지각과민은 대부분 상아세관이 노출되어 있을 경우 발생한다고 주장하였다. 특히 Rimondini 등⁸⁾은 상아세관의 반지름이 2배 증가하면 투과도는 16배로 증가하여 상아세관의 직경이 투과도에 미치는 영향이 크다고 보고한 바 있다.

지금까지 알려진 지각과민 치료법으로는 크게 두 가지 방법이 알려져 있다. 첫째, 상아세관내의 유체 흐름을 막기 위해 상아세관을 물리적으로 밀봉시키는 것과 둘째, 화학적으로 신경의 탈감작효과를 유발시켜서 자극에 대한 민감성을 감소시키는 것이다¹⁾. 물리적으로 상아세관 밀봉효과가 있다고 알려진 성분으로는 strontium chloride, calcium carbonate,

연락처 : 김백일, 우 120-752, 서울특별시 서대문구 신촌동 134 연세대학교 치과대학 예방치과학교실
전화 : (02) 2228-3070 전송 : (02) 392-2926 e-mail : drkbi@yumc.yonsei.ac.kr
본 연구는 구강과학연구소와 구강악안면경조직재생센터의 연구비 지원에 의해 수행되었음.

sodium citrate, sodium fluoride, silica, hydroxyapatite 등이 있으며⁹⁻¹¹⁾ 화학적으로 신경 탈감작효과를 유발시키는 성분으로는 potassium nitrate가 있다¹⁾. 이러한 성분들을 치약 내에 배합하여 사용함으로써 상아세관 밀봉효과나 신경 탈감작효과를 얻을 수 있었다.

치약은 다양한 성분과 함량으로 이루어져 있으며, 특히 성분 중 마모제, 물, 습윤제 등이 평균 20~40%¹²⁾를 차지하고 있다. 그중에서 마모제는 최대 60%까지 배합이 가능하다¹³⁾. 치약은 치면에 부착되어 있는 치태와 외인성 착색을 제거하는데 효과적이며, 특히 마모제 성분이 이러한 역할을 담당하게 된다. 그러나 마모제의 고유 경도, 입자의 크기 및 모양에 따라 치약의 마모력은 차이가 나게 되고¹³⁾, 높은 마모력을 가진 치약은 치질의 손상을 야기하여 상아질 지각과민의 원인이 되기도 한다. 이러한 현상을 막기 위하여 상아질 지각과민 완화를 위한 치약들은 대부분 낮은 마모력을 가지고 있다¹⁴⁾.

치경부 마모증이나 치근 상아질의 노출로 인하여 지각과민이 발생한 경우 해당부위의 치태 관리가 제대로 이루어지지 않는 경우가 종종 발생한다. Hiatt와 Johansen¹⁵⁾는 철저한 치태 관리가 이루어지면 지각과민 발생률이 감소한다고 보고하였고, Kawasaki 등¹⁶⁾도 칫솔질을 시행하여 치태 조절을 시행한 군에서는 상아세관의 직경이 감소한다고 보고하였다. 그러므로 지각과민 완화치약은 치태를 제거할 수 있는 적정 마모력을 가지면서, 지각과민완화 유효 성분을 통하여 지각과민 증상도 감소시켜줘야 한다³⁾.

지금까지 치약의 마모도 평가를 위하여 범랑질과 상아질을 포함한 다양한 기질을 사용하여 치약의 마모력에 대한 실험실 평가 연구가 진행되어 왔다¹⁶⁻¹⁹⁾. 그러나 현재 세계적으로 가장 인정받고 있는 치약의 마모도 평가 방법은 방사성표본치아절편마모량측정법(Radioactive Dentin Abrasive; RDA)^{16,17,20)}과 마모표본치아절편표면용적측정법(Surface Profile

Methods; SPM)¹⁸⁻²⁰⁾이다. 이러한 방법들은 국제표준화 기구(International Organization for Standardization; ISO)²⁰⁾와 영국규격연구소(British Standards Institute; BSI)²¹⁾에 의해 제시되었으며, 정밀도와 재현도가 우수한 방법으로 알려져 있다.

본 연구에서는 RDA 방법보다는 실험방법이 용이하고, 일반적인 칫솔질을 시행한 후 치아 표면의 마모 면적을 평가하는 SPM 방법을 이용하여 치약의 상대마모도를 평가하였다.

최근 메타규산나트륨(Sodium Metasilicate; Na_2SiO_3)을 배합한 지각과민완화치약이 개발되었는데, 본 연구에 사용된 메타규산나트륨은 수용성이며 알칼리성이므로 타원소와 결합하면 흡입작용 및 결석작용을 촉진시킨다. 기존의 치약내 마모제로 널리 사용되어 왔던 실리카 등은 불용성인데 비해서, 수용성 메타규산나트륨은 기존의 결정체들을 중심으로 새로운 결정 성장을 통한 상아세관 밀봉효과가 있을 것으로 기대되었다.

본 연구의 목적은 메타규산나트륨을 배합한 치약의 상아세관 밀봉효과와 상대마모도를 *in vitro* 실험을 통하여 기존의 상품화된 지각과민 완화 치약들과 비교 평가하는 것이다.

2. 연구방법

2.1. 실험 대상 치약

실험에 사용된 치약은 Table 1과 같이 상아질 지각과민완화 유효성분으로 메타규산나트륨(Na_2SiO_3)을 배합한 실험치약과 다른 성분들은 모두 동일하지만 메타규산나트륨만 배제한 음성대조치약을 평가하였다. 양성대조치약으로는 기존에 상품화된 제품 중에서 염화스트론튬(SrCl_2)이 함유된 치약(센소다인[®], Glaxo Smith Kline, USA)과 수산화인회석(HA)이 함유된 치약(시린메드[®], 부광약품, Korea)을 사용하였다. 음성대조군으로는 지각과민완화 유효성

Table 1. Compositions of experimental dentifrices

Classification	Group	Active ingredient of desensitizing	Abrasives
Control dentifrice (BSI)	Negative Control		CaCO ₃ 40%
Dentifrice containing Na ₂ SiO ₃	Experiment	Na ₂ SiO ₃ 22.5%	CaCO ₃ 10% SiO ₂ 10%
Dentifrice without Na ₂ SiO ₃	Negative Control		CaCO ₃ 10% SiO ₂ 10%
Dentifrice containing SrCl ₂	Positive Control	SrCl ₂ 10%	CaCO ₃ 10%
Dentifrice containing HA	Positive Control	Hydroxyapatite 10-20%	Colloidal Silica 2-3%

분이 없으며, 상대마모도 평가에서 기준치약으로 사용된 BSI 기준치약을 사용하였다.

2.2. 치아시편의 제작

실험에 사용된 상아질 시편은 최근에 발견된 치아 우식증이 없는 사람의 구치부 치아를 이용했으며, 치근에 붙어 있는 연조직들을 제거하고 증류수로 헹군 후, 세척하여 0.1% thymol 용액에 보관하였다. 치근을 이용한 상아질 시편 제작을 위하여 diamond wheel disk를 이용하여 치경부를 횡단면으로 절삭하여 사용하였으며, 상아세관밀봉효과에 사용된 시편은 동일한 치아에서 치약 사용 전, 후를 비교하기 위해 치근을 종단면으로 절단하여 두 개의 시편으로 분리하였다.

2.3. 자동 칫솔질 기계를 이용한 칫솔질

마모도 실험에 사용된 자동 칫솔질 기계는 BSI에서 제작한 장비(Toothbrushing Machine, British Standards Institute, UK)를 사용하였다. 자동 칫솔질 기계는 가로 47 cm, 세로 40 cm, 높이 50 cm이었으며, 칫솔질 기계에는 4개의 시편과 칫솔을 동시에 고정할 수 있는 장치가 부착되어 있었다. 각 치아 시편들을 칫솔질 기계의 시편 고정 장치에 위치시킨 후, 치약 슬러리를 부어 칫솔질을 시행하였다. 실험에 사용된 칫솔(Oral-B)은 4열 12 줄로 구성된 제품을 사

용하여 분당 200회의 속도로 칫솔질을 시행하였다. 시편에 닿는 칫솔의 힘은 250 g으로 표준화시켰으며, 일반적인 칫솔질과 비슷하게 칫솔의 작동 범위는 1초당 4회의 속도로 20 mm를 움직이게 조정하였다. 상아세관 밀봉효과 실험에 사용된 자동 칫솔질 기계는 V-8 Cross Brushing Machine(V-8 Cross Brushing Machine, Sabri, USA)으로 시편에 닿는 칫솔의 힘은 150 g으로 표준화시켰으며, 분당 50회 속도로 칫솔질을 시행하였다.

2.4. 치약의 상아세관 밀봉 효과 실험방법

칫솔질 전과 후의 상아세관밀봉효과를 비교하기 위하여, 하나의 치근을 종단면으로 절단하여 준비된 치근을 Teflon mold(19 × 12 mm)에 매몰하였다. Grinder(RB 209 Minipol, R&B Inc, Korea)를 이용하여 silicone carbide paper(grit 600, 1,200)로 연마하여 상아질 표면을 노출시켰다. 노출된 상아질 표면을 37% 인산으로 60초 동안 산 처리한 후 1시간 동안 초음파 세척하였다. 시편들은 5군으로 무작위로 분류했고 각 군의 처리 전 시편과 칫솔질 처리 후 시편은 동일한 치아를 이용하여 제작하였다. 칫솔질 처리 후 시편은 자동 칫솔질 기계를 사용하여 5,000회(6개월간 칫솔질 시행한 횟수) 전후 행정으로 칫솔질 하였다. 치약 슬러리는 치약과 증류수를 1:4로 혼합하여 80 ml씩 사용하였다. 슬러리가 가라앉는

Table 2. Comparisons of dentinal tubule area after tooth brushing for 5,000 strokes with each dentifrice(unit: μm)

Classification	N	Dentinal tubule area		Differences in dentinal tubule area	p-value
		Baseline	After		
Control dentifrice (BSI)	8	5.24 \pm 1.45	4.20 \pm 1.38	1.04 \pm 0.94 ^b	< 0.01
Dentifrice containing Na ₂ SiO ₃	8	5.56 \pm 1.60	2.26 \pm 1.22	3.30 \pm 1.80 ^a	
Dentifrice without Na ₂ SiO ₃	8	5.05 \pm 1.39	3.08 \pm 1.36	1.96 \pm 1.13 ^{ab}	
Dentifrice containing SrCl ₂	8	4.65 \pm 1.74	1.82 \pm 0.50	2.82 \pm 1.73 ^{ab}	
Dentifrice containing HA	8	4.90 \pm 1.41	3.41 \pm 1.60	1.49 \pm 1.14 ^{ab}	

p-value is computed by one-way ANOVA

^{a,b} same characters are not significant by Tukey' s multiple comparison as $\alpha=0.05$ in each group

것을 방지하기 위해 칫솔질 1,000회 마다 슬러리를 제어해주었고 칫솔질 후 시편을 증류수로 세척하였다. 상아세관의 크기변화는 주사전자현미경(SEM, $\times 3,000$)으로 촬영한 뒤, 촬영된 영상을 Media Cybernetics Image Analyzer(Media Cybernetics, USA)를 사용하여 상아세관의 크기를 측정하였고, 처리 전 면적을 기준으로 칫솔질 시행 후 면적의 차이 값을 산출하여 각 군의 평균값으로 평가하였다.

2.5. 치약의 상대마모도 평가

치경부를 횡단면으로 자른 후, 치근을 epoxy resin mold(22 \times 22 mm) 에 매몰하고, 치면을 grinder(Buehler Co, USA)를 이용하여 400에서 1,200 grit silicone carbide paper로 연마하여 상아질을 노출시켰다. 총 60개의 시편들을 무작위로 5개의 군에 12개씩 배분하였고, 시편들은 100% 상대습도를 유지하며 37 \pm 1 $^{\circ}$ C에서 보관하였다. 칫솔질 처리 전 표면조도(Surface roughness)는 Mitutoyo SV-C3000 Instrument(Mitutoyo Co, USA)를 이용하여 측정하였다. 시편들의 표면조도는 칫솔질하기 전과 칫솔질 후의 변화를 측정하기 위해서 시편 중앙부 2 mm 부위를 제외한 나머지 부위를 테이프로 덮어서 실험하고자 하는 상아질만을 노출시켰다. 칫솔질 시 사용한 치약 슬러리는 치약 24 g에 증류수 12 ml를 섞어 준비하였다. 각 치아 시편들을 자동칫솔질 기계의 시편 고정 장치에 위치시킨 후, 치약 슬러리를 부어 각 시편 당 1,000회씩 칫솔질을 시행하였

다. 실제 구강 내에서는 칫솔질 시 타액의 혼합으로 치약 슬러리가 묽어지는 현상을 고려하여 200회 칫솔질마다 증류수 20 ml를 추가하였다. 칫솔질 시행 전과 후의 상아질 표면의 표면조도변화량을 각 군별로 계산하였다. 각 치약군의 계산된 마모도 값을 BSI 표준 치약의 마모도 값을 기준으로 하여 실험 치약의 마모도 값의 비율로 상대마모도(Relative Dentin Abrasivity)를 계산하였다.

$$RA = \frac{E}{S} \times 100$$

RA : 상대마모도
E : 실험치약의 마모소실면적
S : BSI 표준치약의 마모소실면적

2.6. 통계분석 방법

칫솔질 전·후의 상아세관 밀봉효과와 치약 간에 상대마모도를 비교하기 위해서 일요인분산분석을 이용하여 분석하였으며, 다중비교를 위해 Tukey 검정을 시행하였다. 모든 통계 분석에는 SPSS(version 12.0) 통계 프로그램을 이용하였다.

3. 연구성적

3.1. 상아세관 밀봉 효과

상아세관 밀봉효과 성분이 배합된 여러 가지 치약을 사용하여 5,000회 동안 칫솔질한 후 상아세관의 크기 변화를 비교한 결과 전체적으로 치약 사용 전에 비해서 칫솔질후의 상아세관의 크기는 감소하였다. 본 연구에서 평가한 치약들 중에서 Na₂SiO₃ 군이

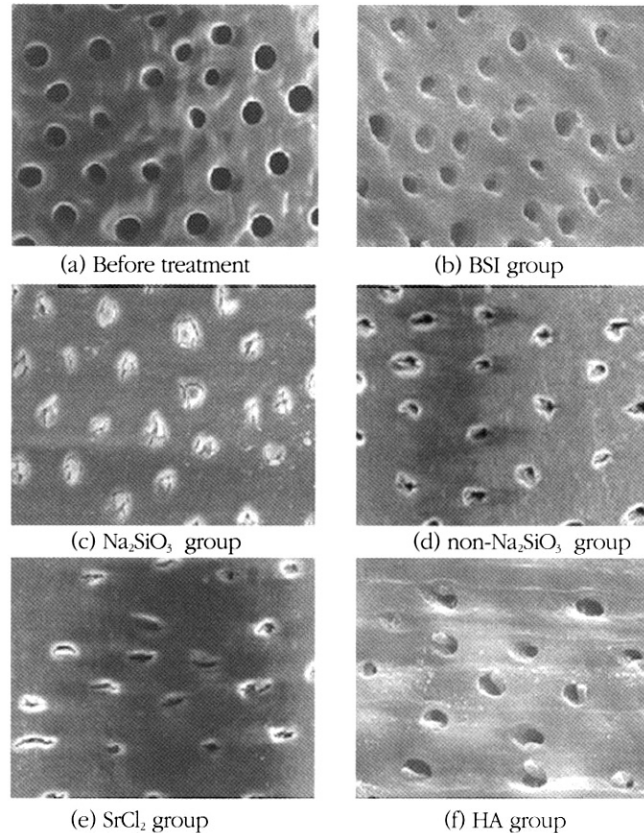


Fig. 1. Images of scanning electron micrograph of dentinal tubules were (a) etched dentine surface and (b, c, d, e, f) were brushed various dentifrices for 5,000 strokes.

상아세관 밀폐효과가 가장 높았으며, BSI 군에 비해서 통계적으로 유의한 차이가 있었다($p < 0.05$). 그러나 Na_2SiO_3 가 배제된 음성대조군에 비해 Na_2SiO_3 군의 상아세관 밀봉효과는 통계적으로 유의한 차이는 없었다. 또한, Na_2SiO_3 군은 기존의 지각과민 치약인 SrCl_2 군과 HA 군에 비해 약간의 우세한 상아세관 밀봉효과를 보였으나 통계적으로 유의미한 차이는 아니었다(Table 2).

Fig. 1은 본 실험에서 평가했던 5가지 종류의 치약으로 5,000회 칫솔질 시행 후 상아세관의 미세구조의 변화를 보여주고 있다. Fig. 1의 (a)는 37% phosphoric acid를 이용하여 60초간 산 처리한 baseline 시편으로서 상아세관의 직경이 넓고 개방된 상아세관의 수가 증가되어 있는 것을 볼 수 있다.

한편 Na_2SiO_3 포함군(c), Na_2SiO_3 배제군(d), SrCl_2 군(e) 및 HA 군(f)에서는 대부분의 상아세관이 폐쇄되었고 수가 감소되어 있었다. 그러나 BSI 군(b)은 다른 지각과민 완화 치약들과 달리 37% phosphoric acid로 산 처리된 시편의 표면에 비해서 별다른 차이가 없었다.

3.2. 상대마모도

마모도 평가에 있어서 기준치약인 BSI 군과 지각과민유효성분을 함유하고 있는 Na_2SiO_3 군, SrCl_2 군 그리고 HA 군의 상대 치아 마모도를 측정된 결과 Table 3과 같은 결과를 얻었다. BSI 군의 치아마모도를 100으로 하여 산출된 상대마모도는 Na_2SiO_3 군 71.0, Na_2SiO_3 배제군 74.2, SrCl_2 군 38.0, HA 군 7.8

Table 3. The relative abrasivity of each dentifrice after tooth brushing and the area of dentin loss(unit: μm)

Classification	Relative dentin abrasivity	Area of dentin loss (Mean \pm SD)	p-value
Control dentifrice(BSI)	100.0	0.0201 \pm 0.010 ^a	< 0.0001
Dentifrice containing Na ₂ SiO ₃	71.0	0.0143 \pm 0.005 ^{ab}	
Dentifrice without Na ₂ SiO ₃	74.2	0.0149 \pm 0.009 ^{ab}	
Dentifrice containing SrCl ₂	38.0	0.0076 \pm 0.004 ^{bc}	
Dentifrice containing HA	7.8	0.0015 \pm 0.001 ^c	

p-value is computed by one-way ANOVA

^{a,b,c} same characters are not significant by Tukey's multiple comparison as $\alpha=0.05$ in each group

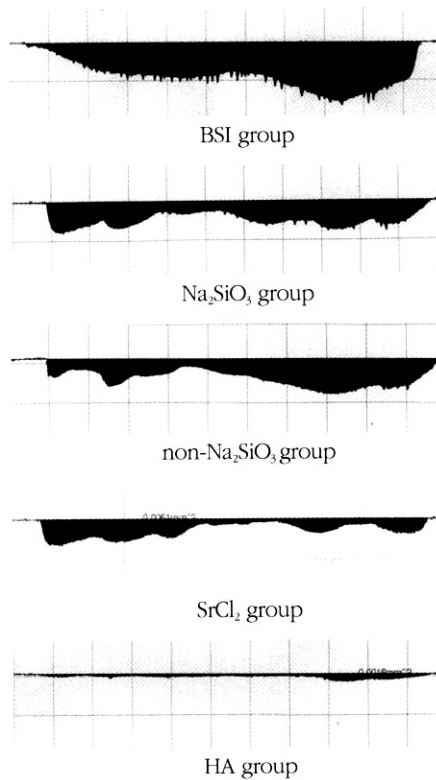


Fig. 2. Images of dentin loss by surface profile measurement after brushing with each dentifrice

이었다($p < 0.05$). 상품화된 지각과민완화치약인 SrCl₂ 군과 HA 군의 상대마모도는 BSI 군과 Na₂SiO₃ 군, Na₂SiO₃ 배제군에 비하여 매우 낮았으므로 상아질 표면 소실이 적은 것을 확인할 수 있었다. 실험군인 Na₂SiO₃ 군의 상대마모도는 SrCl₂ 군과 HA 군에 비하여 높았지만, BSI 군에 비하면 낮은 마모도를 나타내었고, Na₂SiO₃ 군과 Na₂SiO₃ 배제군의 상대마

모도는 거의 차이가 없는 것을 확인할 수 있었다. 즉, 본 연구에서 관심을 두었던 Na₂SiO₃ 성분은 그 자체로는 마모도에 영향을 미치지 않는 것으로 사료되었다.

Fig. 2는 본 실험에서 평가했던 5가지 종류의 치약으로 1,000회 칫솔질 시행 후 상아질의 마모면적을 보여주고 있다.

4. 고 안

치아 표면에 축적된 병원성 치태에 의해 발생하는 치아우식증과 치주질환의 관리를 위해서는 칫솔질과 치실질 같은 기계적인 치태제거법이 중요하다¹²⁾. 그러나 잘못된 칫솔질 방법이나 이갈이 등의 비정상적인 습관, 교합과 연관된 마모증 및 잘못된 식이 습관으로 인하여 법랑질 소실과 상아질의 노출이 발생되기도 한다. 상아질 노출은 치은퇴축이나 법랑질 소실에 의해 발생되며, 치은퇴축이 발생하면 치근백악질이 노출되게 된다. 치근백악질은 얇은 막으로 되어 있어 쉽게 마모되거나 부식 될 수 있다²¹⁾. 치경부의 법랑질이나 치근 백악질이 과도하게 닳게 되어 상아질이 노출되면 상아질 지각 과민증이 발생한다³⁾. 지금까지 노출된 상아질을 통해서 동통이 발생하는 기전 중 가장 널리 인정받고 있는 가설은 상아세관액의 이동에 의해 동통이 야기된다는 유체역학설이다²⁾. Brannstrom²³⁾과 Pashley²³⁾는 외부자극이 가해질 때 상아세관액의 이동으로 상아세관내에 모세관 현상이 초래되어 신경섬유말단을 자극함으로써 동통이 야기된다고 보고하였다. 동통을 야기하는 상아세관액의 이동은 축삭, 온도, 삼투압, 증발 등의 물리적 자극이 전기적 신경활성화로 전환되어 발생된다. 그러므로 상아세관이 물리적으로 밀폐된다면 이러한 종류의 자극이 전달되지 않기 때문에 상아세관액의 비정상적인 이동이 발생하지 않게 된다²³⁾.

기존의 지각과민완화치약은 물리적으로 상아세관을 밀봉시키는 것과 화학적으로 신경 탈감작효과를 유발시켜서 각종 자극에 대한 민감성을 감소시키는 것을 주된 목표로 하고 있었다¹⁾. Pashley 등³⁾의 연구에서는 지각과민을 일으키는 상아질을 미세 현미경으로 관찰하였을 경우 상아세관의 직경이 지각과민이 없는 치아의 상아질에 비해 확대되어 있음을 확인할 수 있었으며, 상아세관의 투과성과 지각과민은 모두 상아세관이 폐쇄되었을 경우 감소한다고 보

고하였다. Absi 등⁶⁾도 상아질 지각과민이 있는 경우 지각과민이 없는 상아질 치면 보다 상아세관의 직경이 넓고 수도 많다고 보고하였다.

상아질지각과민을 완화시키기 위해 개인이 직접 사용할 수 있는 용액이나 겔, 치약이 판매되고 있으며, 전문가에 의해 사용될 수 있는 것은 바니쉬, 화학적 침전제, 수지(resin), 이온도포법, 레이저 등이 있다. 이러한 제품들은 상아세관을 밀봉시키는 방법과 신경 탈감작으로 자극에 대한 반응을 감소시키는 등의 다양한 기전에 근거하고 있다^{1,22)}.

개인이 직접 간단하게 이용할 수 있는 방법으로는 지각과민 완화 유효 성분이 함유된 치약을 사용하는 것이다. 그러나 치약 내에는 20-60%까지 마모제가 함유되어 있으며, 마모제의 강도와 입자의 크기 및 모양에 따라서 치약의 마모력에 커다란 차이가 나타날 수 있다. 또한, 과도한 마모력은 노출된 상아질면에 외인성자극으로 작용하게 되어 오히려 지각과민을 증가시킬 수도 있다. 그러므로 기존의 지각과민 치약들은 상대적으로 낮은 마모력을 갖는 것이 일반적이었다¹⁴⁾.

그러나 지나치게 낮은 마모력을 지닌 치약은 칫솔질시 치아 표면으로부터 병원성 치태를 제거하기 어렵다. Hiatt와 Johansen¹⁵⁾은 치경부 마모증이나 치근 상아질의 노출로 인하여 상아세관이 개방되어 있는 경우 철저한 치태 관리가 이루어진다면 지각과민 발생률이 감소한다고 보고하였다. Kawasaki 등⁴⁾도 칫솔질을 하지 않을 경우 시간이 지날수록 처음의 상아세관보다 직경이 390% 정도 더 넓어지고, 정기적인 칫솔질을 통해서 치태 관리를 시행한 군에서는 20% 이상 상아세관 직경이 감소한다고 보고하였다. 이러한 선행 연구결과를 볼 때 지나치게 마모력이 낮은 치약의 사용으로 치태 관리가 제대로 이루어지지 않는다면 오히려 지각과민 증상이 악화될 수도 있다고 사료된다. 그러므로 적절한 마모력을 지닌 치약으로 철저한 치태 관리를 시행하는 것이 상아질

지각과민 치료에 매우 효과적인 방법이라고 여겨진다.

본 연구에서 현재 시판되는 기존의 지각과민완화치약들과 메타규산나트륨을 배합한 새로운 지각과민완화치약의 상아세관 폐쇄효과를 SEM을 이용하여 평가한 결과, Na_2SiO_3 군, SrCl_2 군, Na_2SiO_3 배제군, HA 군의 순서로 상아세관 밀봉효과가 있는 것으로 나타났다. 특히, 메타규산나트륨 함유 치약은 BSI기준 치약에 비해 상아세관 폐쇄효과가 높은 것으로 나타났다($p < 0.05$). 그러나, Na_2SiO_3 함유군이 Na_2SiO_3 배제군에 비해 통계적으로 유의한 수준의 상아세관 폐쇄효과를 보이지는 않는 것으로 보아서 Na_2SiO_3 성분의 상아세관밀봉효과는 이 성분의 단독 효과가 아니라 치약에 함유된 마모제와 메타규산나트륨 성분의 복합적인 효과로 사료되었다. 본 실험에 사용된 지각과민 완화 주성분인 메타규산나트륨은 알칼리성이며 화학적으로 촉매작용을 하는 것으로 알려져 있다. 이는 수용액 상태의 메타규산나트륨 성분이 치약내 마모제와 반응하여 상아세관 내에 침착을 유도하여 결정구조를 만들기 때문에 상아세관을 밀봉할 수 있다고 여겨진다.

치약 내 함유된 마모제는 상아질을 자극하여 상아세관을 노출시키기도 하지만 몇몇 성분들은 상아질과의 강한 친화력으로 노출된 상아세관을 폐쇄시키는 작용을 하기도 한다. Addy 등²⁴⁾은 치약의 마모제 성분으로써 널리 사용되는 실리카를 미세분말로 사용한 경우, 상아세관 폐쇄효과를 관찰할 수 있다고 보고하였다. 그러므로 메타규산나트륨이 함유된 실리카 성분이 상아세관 밀봉 효과를 나타냈을 가능성도 존재한다.

Na_2SiO_3 함유 지각과민치약과 기존의 지각과민 완화 치약들 간의 상대마모도 평가를 시행한 결과, Na_2SiO_3 군, Na_2SiO_3 배제군, SrCl_2 군, HA 군 모두 BSI 군에 비하여 낮은 마모도를 나타냈지만, 특히 기존 지각과민완화 치약인 SrCl_2 군과 HA 군의 상대

마모도는 각각 38.0과 7.8로서 매우 낮은 마모도를 보였다. Na_2SiO_3 군과 Na_2SiO_3 배제군은 각각 71.0과 74.2의 비슷한 마모도를 보였다. 비록 메타규산나트륨이 함유된 치약의 상대마모도가 기존의 지각과민완화 치약들에 비해서 상대적으로 높은 편이었으나, BSI 기준 치약의 마모도를 초과하지는 않았으며 Na_2SiO_3 배제군과 비슷한 마모도인 것으로 보아서 Na_2SiO_3 성분은 치아마모도 자체에는 영향을 미치지 않는 것으로 보인다. Na_2SiO_3 군과 Na_2SiO_3 배제군의 높은 상대마모도는 치약에 포함되어 있는 탄산칼슘과 실리카 등의 마모제 성분들로 인한 복합작용 때문으로 사료되었다. 상대마모도가 중등도인 Na_2SiO_3 함유치약은 약한 마모력을 지니는 기존의 지각과민치약들의 낮은 치태 제거효과를 보완시킬 수 있다고 보여진다.

본 연구의 제한점은 제한된 숫자의 시편을 사용한 실험실 연구였기 때문에 본 연구결과의 일반화를 위해서는 사람을 대상으로 한 임상실험이 필요하다고 사료되었다. 또한, 최적의 상아세관 밀폐 효과를 얻기 위해서 마모제와 지각과민 유효성분간의 유효농도를 탐색하는 연구도 필요하다고 사료 되는 바이다.

5. 결 론

본 연구는 지각과민완화유효성분으로써, 메타규산나트륨(Na_2SiO_3)을 배합한 치약의 상아세관밀봉 효과와 상대마모도를 실험실 연구를 통하여 평가하여 다음과 같은 결론을 얻게 되었다.

1. Na_2SiO_3 군 치약은 기존의 지각과민 완화치약인 SrCl_2 군과 HA 군에 비해서는 상아세관 밀봉효과가 다소 높았으나 통계적으로 유의미한 차이는 아니었다.
2. Na_2SiO_3 군 치약이 Na_2SiO_3 배제군 치약에 비해 상아세관 밀봉효과는 다소 높았으나 통계적으로 유

의미한 차이는 없었다.

3. BSI 군의 치아마모도를 100으로 하여 계산된 상대마모도는 Na_2SiO_3 군 71.0과 Na_2SiO_3 배제군

74.2로 나타나어 기존의 지각과민완화치약인 SrCl_2 군 38.0, HA 군 7.8에 비해 높은 마모도를 나타내었다.

참고문헌

- Jacobsen PL, Bruce G. Clinical dentin hypersensitivity: understanding the causes and prescribing a treatment. *J Contemp Dent Pract* 2001;15(2):1-12.
- Brannstrom M. Sensitivity of dentin. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol* 1966;21(4):517-526.
- West N, Addy M, Hughes J. Dentine hypersensitivity: the effects of brushing desensitizing toothpastes, their solid and liquid phases, and detergents on dentine and acrylic: studies *in vitro*. *J Oral Rehabil* 1998;25(12):885-895.
- Kawasaki A, Ishikawa K, Suge T, et al. Effects of plaque control on the patency and occlusion of dentine tubules *in situ*. *J Oral Rehabil* 2001;28(5):439-449.
- Pashley DH, Livingston MJ, Greenhill JD. Regional resistances to fluid flow in human dentine *in vitro*. *Arch Oral Biol* 1978;23(9):807-810.
- Absi EG, Addy M, Adams D. Dentine Hypersensitivity: a study of the patency of dentinal tubules in sensitive and non-sensitive cervical dentine. *J Clin Periodontol* 1987;14(5):280-284.
- Yoshiyama M, Masada J, Uchida A, Ishida H. Scanning electron microscopic characterization of sensitive vs. insensitive human radicular dentine. *J Dent Res* 1989;68(11):1498-1502.
- Rimondini L, Baroni C, Carrass A. Ultrastructure of hypersensitive and non-sensitive dentine: a study on replica models. *J Clin Periodontol* 1995;22(12):899-902.
- Collins JF, Perkins L. Clinical evaluation of the effectiveness of three dentifrices in relieving dentin sensitivity. *J Periodontol* 1984;55(12):720-725.
- Addy M, Mostafa P. Dentine hypersensitivity II: effects produced by the uptake *in vitro* of toothpastes onto dentine. *J Oral Rehabil* 1989;16(1):35-48.
- 이석관, 김종열. SrCl₂ 함유치약의 상아세관 밀봉효과 평가에 있어 Epoxy Resin Replica 응용에 관한 연구. *대한구강보건학회지* 1992;16(1):129-146.
- Norman OH, Franklin GG. Primary preventive dentistry. 6th ed. New Jersey:Upper Saddle River;2004:124.
- 김종배, 백대일, 문혁수 외 11인. 임상예방치학. 3판. 서울:고문사;2000:277-287.
- 한문성, 정세환, 배광학 외 4인. 시판세치제의 치아마모도에 관한 연구. *대한구강보건학회지* 1998;22(3):195-203.
- Hiatt WH, Johansen E. Root preparation I: obturation of dentinal tubules in treatment of root hypersensitivity. *J Periodontol* 1972;43(6):373-380.
- Grabenstetter RJ, Broge RW, Jackson FL, Radike AW. The measurement of the abrasion of human teeth by dentifrice abrasives: a test utilizing radioactive teeth. *J Dent Res* 1958;37(6):1060-1068.
- Bull WH, Callender RM, Pugh BR, Wood GD. The abrasion and cleaning properties of dentifrices. *Br Dent J* 1968;125(8):331-337.
- Ashmore H, Abbe NJ, Wilson SJ. The measurement *in vitro* of dentine abrasion by toothpaste. *Br Dent J* 1972;133(2):60-66.
- Hefferren JJ, Kingman A, Stookey GK, Lehnhoff R, Muller T. An international collaborative study of laboratory methods for assessing abrasivity to dentin. *J Dent Res* 1984;63(9):1176-1179.
- International Standard Organization. ISO 11609 International Standard Dentistry - Toothpastes - requirements, test methods and marking. ISO Geneve, Switzerland, 1995.
- British Standards Institution. Specification for toothpastes. B.S.5136, 1981
- Darby W. Dental hygiene theory and practice. 2nd ed. Missouri:Saunders;1995:685-691.
- Pashley DH. Dentine permeability, dentine sensitivity, and treatment through tubule occlusion. *J Endod* 1986;12(10):465-474.
- Addy M, Mostafa P, Newcombe R. Dentin hypersensitivity: a comparison of five toothpastes used during a 6-week treatment period. *Br Dent J* 1987;163(2):45-51.

Abstract

Abrasivity and occlusion effect of dentinal tubules of desensitizing dentifrice containing sodium metasilicate

Sun-Ok Jang¹, Su-Young Lee^{2,5}, Jong-Hun Choi³, Ho-Kwen Kwon^{2,4}, Baek-II Kim^{2,4,5}

¹Department and Research Institute of Dental Biomaterials and Bioengineering

²Department of Preventive Dentistry and Public Oral Health

³Department of Oral Medicine,

⁴Oral Health Research Center

⁵Research Center for Orofacial Hard Tissue Regeneration, College of Dentistry, Yonsei University

Key words: abrasivity, dentinal tubules, desensitizing dentifrice, occlusion effect, sodium metasilicate

Objectives: Exposed dentine with patent tubules allows the movement of tubule fluid leading to dentine sensitivity. Occlusion of patent dentinal tubules effectively reduces the state of dentine hypersensitivity. The aim of this *in vitro* study was to compare the occlusion effect of dentinal tubule and relative dentin abrasivity(RDA) between the sodium metasilicate and the existing desensitizing dentifrices.

Methods: Dentin specimens were made from the root of extracted human molars. The teeth were embedded into an epoxy resin mold and the surface was gradually polished by silicone carbide paper. The dentifrices used in the study are classified into five groups: G1-dentifrice containing Sodium metasilicate, G2-dentifrice without Sodium metasilicate, G3-dentifrice containing Strontium chloride, G4-dentifrice containing Hydroxyapatite and G5-BSI reference dentifrice(control group). For occlusion effect of dentinal tubules, the dentin surface was etched with 37% phosphoric acid for 60 seconds. Specimens were brushed 5,000 times with the toothpaste slurries using BSI Brushing Machine. The pictures of the sizes of dentinal tubules were taken by scanning electron microscopy($\times 3,000$) and changes of tubule sizes were analyzed by digital analysis. For evaluation of RDA, Each tooth specimen was brushed with the dentifrice slurries 1,000 times. The RDA of each dentifrice was evaluated from the ratio of the BSI standard dentifrice to each experiment.

Results: The results showed that the mean difference of tubule size in descending order: G1-3.30, G2-1.96, G3-2.82, G4-1.49, G5-1.04. The dentifrice containing Sodium metasilicate showed the highest dentinal tubule occlusion. The results of RDA were as follow: G1-71, G2-74.2, G3-38, G4-7.8 and BSI-100.

Conclusions: New desensitizing dentifrice containing sodium metasilicate was more effective than existing desensitizing dentifrice on occlusion of dentin tubule. According to evaluation of RDA, Although Sodium metasilicate dentifrice had a higher RDA than existing desensitizing dentifrice, it showed lower RDA than BSI reference dentifrice.