



저작자표시-비영리-변경금지 2.0 대한민국

이용자는 아래의 조건을 따르는 경우에 한하여 자유롭게

- 이 저작물을 복제, 배포, 전송, 전시, 공연 및 방송할 수 있습니다.

다음과 같은 조건을 따라야 합니다:



저작자표시. 귀하는 원저작자를 표시하여야 합니다.



비영리. 귀하는 이 저작물을 영리 목적으로 이용할 수 없습니다.



변경금지. 귀하는 이 저작물을 개작, 변형 또는 가공할 수 없습니다.

- 귀하는, 이 저작물의 재이용이나 배포의 경우, 이 저작물에 적용된 이용허락조건을 명확하게 나타내어야 합니다.
- 저작권자로부터 별도의 허가를 받으면 이러한 조건들은 적용되지 않습니다.

저작권법에 따른 이용자의 권리는 위의 내용에 의하여 영향을 받지 않습니다.

이것은 [이용허락규약\(Legal Code\)](#)을 이해하기 쉽게 요약한 것입니다.

[Disclaimer](#)

치의학석사 학위논문

세치제의 세마제가 비교치아마모도에  
미치는 영향

2015년 8월

서울대학교 대학원  
치의학과 예방치학전공  
김 지 영

# 세치제의 세마제가 비교치아마모도에 미치는 영향

지도교수 백 대 일

이 논문을 치의학석사 학위논문으로 제출함

2015년 4월

서울대학교 대학원

치 의 학 과 예 방 치 학 전 공

김 지 영

김지영의 석사학위논문을 인준함

2015년 6월

위 원 장 陳 保 衡 (인)  
부 위 원 장 白 大 日 (인)  
위 원 任 範 淳 (인)

## 학위논문 원문 이용에 대한 동의서

본인은 아래의 학위논문이 제3자의 권리를 침해하지 않았음을 서약하며, 서울대학교가 다음과 같이 저작물을 이용하는 것에 동의합니다.

논문 제목	세치제의 세마제가 비교치아마모도에 미치는 영향
학위 구분	석사 <input checked="" type="checkbox"/> / 박사 <input type="checkbox"/>
학 과	치의학과
학 번	2007-23380
연 락 처	010-5142-7462

1. 본인은 서울대학교가 위 저작물을 인터넷 등 정보통신망을 통해 복제·전송·배포하는 것에 동의합니다.
2. 본인은 서울대학교가 위 저작물에 대해 무료로 온라인 서비스를 제공하는 것에 동의합니다.
3. 서울대학교는 내용을 변경하지 않는 범위 안에서 위 저작물을 다른 파일 형식으로 변경할 수 있습니다.
4. 본인은 위 저작물의 저작권을 타인에게 양도하거나 출판을 허락하는 등 동의 내용을 변경하고자 할 경우 소속대학(원)에 공개의 유보 또는 해지를 즉시 통보하겠습니다.
5. 서울대학교는 저작권법 및 도서관법을 준수하며 해당 저작물로 인하여 발생하는 타인에 의한 권리 침해에 대하여 일체의 법적 책임을 지지 않습니다.

제 출 일 : 2015 년      월      일  
저 작 자 :      김 지 영      (인)

서울대학교총장 귀하

<국문초록>

# 세치제의 세마제가 비교치아마모도에 미치는 영향

서울대학교 대학원 치의학과 예방치학전공  
(지도교수 : 백 대 일)

김 지 영

저자는 세마제 입자 크기, 형상, 성분 및 배합량의 특성이 세치제의 비교치아마모도에 미치는 영향을 알아보기 위하여 사용 세치제의 비교치아마모도 값을 마모표본치아절편 표면용적측정법으로 평가하여 고, 중, 저 마모도 3가지 그룹으로 분류한 후, 해당 마모도 그룹 당 2개의 세치제를 무작위로 선택하였다. 고마모도세치제군은 죽염호랑이풀세치제와 덴티스테플러스화이트세치제, 중마모도세치제군은 에스엔유오헬스토탈케어엠세치제와 2080세치제, 저마모도세치제군은 에스엔유오헬스토탈케어엘플러스세치제와 센소다인오리지널세치제를 사용하였다. 세치제를 완전히 용해시켜 세마제를 추출한 다음 Scanning Electron Microscope (SEM), Energy

Dispersive X-ray Spectroscopy (EDX) 및 Thermo Gravimetric Analyzer (TGA)를 이용하여 세마제의 입자 크기, 형상, 성분, 배합량을 관찰하여 분석하였다. 세마제 입자크기, 평균입자면적, 세마제 배합량과 비교치아마모도 간 상관관계는 Spearman 상관분석을 이용하여 분석하였고, 세치제 배합량, 평균입자면적이 비교치아마모도에 미치는 영향을 알아보기 위해 다중회귀분석을 실시하였다. 모든 통계분석은 SPSS version 21.0 (SPSS Inc., Chicago, IL, USA)을 이용하여 실시하여 다음과 같은 결론을 얻었다.

- 1) 고마모도세치제군인 죽염호랑이풀세치제와 덴티스테플러스화이트세치제의 평균입자의 크기는  $16.78 \mu\text{m}$ 와  $10.67 \mu\text{m}$ 이었고, 중마모도세치제군인 에스엔유오헬스토탈케어엠세치제와 2080세치제의 평균입자크기는  $11.78 \mu\text{m}$ 와  $11.97 \mu\text{m}$ 이었다. 저마모도세치제군인 에스엔유오헬스토탈케어엘플러스세치제와 센소다인오리지널세치제의 평균입자크기는  $9.75 \mu\text{m}$ 와  $5.36 \mu\text{m}$ 로 상대적으로 작은 입자로 구성되어 있었다.
- 2) 비교치아마모도와 세마제 평균입자면적의 상관관계를 알아보기 위하여 Spearman 상관분석을 실시한 결과, 비교치아마모도와 평균입자면적 간 유의한 상관관계는 없었다( $p=0.208$ ).
- 3) 비교치아마모도와 세마제 평균입자크기 간 상관관계는 보이지 않았지만, 고마모도, 중마모도세치제군과 저마모도세치제군 간에 유의성이 있었다( $p<0.001$ ).
- 4) 고마모도세치제군인 죽염호랑이풀세치제와 덴티스테플러스화이트세치제에서는 불규칙적인 입자가 많이 발견되었고, 저마모도세치제군인 에스엔유오헬스토탈케어엘플러스세치제와 센소다인오리지널세치제에서는 작은 입자들이 응집된 것을 볼 수 있었다.
- 5) 대부분 세치제의 세마제 성분은 이산화규소( $\text{SiO}_2$ )로 Si와 O가 주로 검출되었고, 탄산칼슘( $\text{CaCO}_3$ )과 염화스트론튬( $\text{SrCl}_2$ )이 배합된 세치제에

서는 Ca, Sr, Cl 등이 검출되었다.

- 6) 비교치아마모도와 세마제 배합량 간 상관분석 결과, 양의 상관관계가 있었다( $p=0.007$ ,  $r=0.933$ ).
- 7) 세마제 배합량, 평균입자면적이 비교치아마모도에 미치는 영향을 알아보기 위해 다중회귀분석을 실시한 결과, 세마제 배합량과 비교치아마모도 간 유의한 연관성이 있었으나( $p=0.008$ ), 평균입자면적과 비교치아마모도 간 연관성은 없었다( $p=0.109$ ).

---

주요어: 세치제, 비교치아마모도, 세마제 입자크기, 세마제 형상, 세마제 성분 및 배합량

학 번: 2007-23380

# 목 차

제 1 장 서 론 .....	1
제 2 장 연구재료 및 방법 .....	3
제 1 절 연구재료 .....	3
제 2 절 연구방법 .....	4
1. Scanning Electron Microscope 관찰 .....	4
2. Thermo Gravimetric Analyzer 분석 .....	4
3. 평균입자면적 계산 .....	5
4. 통계분석 .....	5
제 3 장 연구 결과 .....	6
1. 세치제에 배합된 세마제 입자 크기와 형태 .....	6
2. 세치제에 배합된 세마제 배합량 .....	11
3. 세치제에 배합된 세마제 성분 .....	12
4. 통계 분석 .....	14
1) 비교치아마모도와 평균입자면적 간 상관관계 .....	14
2) 비교치아마모도와 평균입자크기 간 상관관계 .....	14
3) 비교치아마모도와 세마제 배합량 간 상관관계 .....	15
4) 세마제 배합량, 평균입자면적이 비교치아마모도에 미치는 영향 .....	16
제 4 장 고 안 .....	17
제 5 장 결 론 .....	19
References .....	21
Abstract .....	24



## 표 목 차

Table 1. Toothpaste used in this study .....	3
Table 2. Distribution of size of abrasive (average diameter) for each toothpaste .....	9
Table 3. The relative tooth abrasivity and contents of abrasive for each toothpaste .....	11
Table 4. Correlation between the relative tooth abrasivity and contents of abrasive ..	16
Table 5. Multiple Regression Analysis .....	16

## 그림 목차

Fig. 1. Representative SEM image of abrasive for Bamboo salt Tiger herb toothpaste .....	6
Fig. 2. Representative SEM image of abrasive for Dentiste Plus White toothpaste ..	6
Fig. 3. Representative SEM image of abrasive for SNU O'health Total Care M toothpaste .....	7
Fig. 4. Representative SEM image of abrasive for 2080 toothpaste .....	7
Fig. 5. Representative SEM image of abrasive for SNU O'health Total Care L Plus toothpaste .....	7
Fig. 6. Representative SEM image of abrasive for Sensodyne Original toothpaste .....	7
Fig. 7. Analysis of abrasive composition for Bamboo salt Tiger herb toothpaste .....	12
Fig. 8. Analysis of abrasive composition for Dentiste Plus White toothpaste .....	12
Fig. 9. Analysis of abrasive composition for SNU O'health Total Care M toothpaste .....	13
Fig. 10. Analysis of abrasive composition for 2080 toothpaste .....	13
Fig. 11. Analysis of abrasive composition for SNU O'health Total Care L Plus toothpaste .....	13
Fig. 12. Analysis of abrasive composition for Sensodyne Original toothpaste .....	13
Fig. 13. Significant difference between group and average size of abrasive .....	14
Fig. 14. Correlation between the relative tooth abrasivity and contents of abrasive ..	15

## 제 1 장 서 론

세치제는 잇솔질 과정에 치아표면을 효율적으로 세정하기 위하여 사용하는 세제로 세마제, 세정제, 결합제 및 보습제를 주성분으로 한다. 그 중 가장 많은 함량을 차지하는 것이 세마제인데 마모작용과 연마작용으로 치아표면을 깨끗하게 세정하고, 치아표면을 장기간 청결한 상태로 유지시켜 주는 역할을 한다. 세마제는 치아표면과 치주조직에 손상을 주지 않으면서, 치아표면에 대하여 최소의 마모작용과 최대의 세정작용을 발휘하여야 한다<sup>1)</sup>. 현재 세치제의 세마제로 사용되는 재료들은 인산일수소칼슘(dicalcium phosphate dihydrate,  $\text{CaHPO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ), 침강탄산칼슘(calcium carbonate,  $\text{CaCO}_3$  precipitated), 불용메타인산소다(sodium metaphosphate,  $\text{NaPO}_3$  insoluble), 피로인산칼슘(calcium pyrophosphate,  $\text{Ca}_2\text{P}_2\text{O}_7$ ), 무수인산칼슘(dicalcium phosphate anhydrous,  $\text{CaHPO}_4$ ) 등이 있다. 그러나 일부 세치제는 세마제로 인산칼슘(tricalcium phosphate)이나 수화반토(hydrated alumina) 또는 규토(silica) 혹은 규산염(silicate)을 배합하기도 한다.

Camargo 등<sup>2)</sup>은 세마제로 첨가된 실리카( $\text{SiO}_2$ )와 탄산칼슘( $\text{CaCO}_3$ ) 입자 크기와 비교치아마모도(Relative Dentine Abrasion, RDA)와의 상관성을 비교하였는데, 연구에 사용된 세마제 입자의 크기는 실리카의 경우,  $0.31 - 4.26 \mu\text{m}$ 이었고, 탄산칼슘의 경우는  $1.49 - 3.13 \mu\text{m}$ 이었다. SEM으로 관찰한 실리카와 탄산칼슘의 입자형태는 균일하지 않았으며, 탄산칼슘 입자는 실리카 입자보다 더 많이 응집된 형태로 관찰되었다고 보고하였다. Navarre 등<sup>3)</sup>은 불규칙한 형태의 입자가 불균일하게 배열된 세마제가 규칙적인 형태의 입자로 균일하게 배열된 세마제 보다 더 많이 마모시킬 수 있다고 하였다. Boer 등<sup>4)</sup>은 지름이  $7 \mu\text{m}$ 와  $15 \mu\text{m}$ 인 탄산칼슘 입자와 지름이  $8 \mu\text{m}$ 와  $13 \mu\text{m}$ 인 수산화알루미늄( $\text{Al}(\text{OH})_3$ )입자를 세마제로 사용하여 비교한 바 있다. Kim 등<sup>5)</sup>은 평균입자크기가  $15 \mu\text{m}$ 인 인산수소칼슘이수화물( $\text{CaHPO}_4$

· 2H<sub>2</sub>O), 2 μm인 중질탄산칼슘(CaCO<sub>3</sub>), 10 μm인 침강실리카(SiO<sub>2</sub> · xH<sub>2</sub>O) 및 6 μm인 수산화알루미늄으로 실험용 세치제를 합성하여 평가하였다.

세치제의 치아 마모도를 측정하는 방법으로는 감소표본치아절편 중량측정법, 표본치아절편 마모량측정법, 표본치아절편 표면변화 비교법 등이 있다.<sup>6,7,8)</sup> 또한 Grabenstetter 등<sup>9)</sup>이 소개한 방사성표본치아절편 마모량측정법과 Ashmore 등<sup>10)</sup>이 소개한 마모표본치아절편 표면용적측정법이 있다. 이러한 평가법 중에서 정밀도와 재현성이 우수하여 본 연구에서는 2008년 국제표준화기구(ISO)회의에서 추천한 표본치아절편 표면변화량측정법<sup>11,12)</sup>으로 평가한 비교치아마모도를 토대로 평가 분석하였다.

치아의 마모도에 영향을 주는 요인으로는 칫솔모 유형, 세치제의 성분, 개인의 행동적 차이,<sup>13,14)</sup> 당단백막(acquired pellicle) 유·무, 세마제 배합비율 및 세마제 종류 등이 있다.

칫솔모의 유형에 따라 치아 마모도에 큰 차이가 있다.<sup>15,16,17)</sup> 그러나 마모도에 대한 칫솔모의 영향을 따로 분리하는 것은 어렵고, 세치제와 칫솔모의 상호작용으로 치면마모도에 영향을 준다는 연구 보고가 있다.<sup>18,19)</sup> 또한 마모도는 당단백막(acquired pellicle)이 있을 때 감소되며,<sup>20)</sup> 실리콘 오일은 마모도 비율을 감소시키고 표면을 부드럽게 만들어주기 때문에 세마제에 실리콘 오일을 첨가하였을 때도 마모도가 감소된다.<sup>21)</sup> 잇솔질을 할 때 개인의 행동적 차이도 마모도에 영향을 줄 수 있다. 잇솔질의 빈도 및 잇솔질 할 때의 힘도 치아의 마모에 영향을 주는 요인이다.<sup>13,22)</sup> 또한 배합세마제의 입자크기, 세마제 배합비율이 증가함에 따라 마모도가 증가하지만, 정비례하지는 않는다고 한다.<sup>5)</sup>

본 연구에서 세마제 입자크기, 형상, 성분 및 배합량의 특성이 세치제의 비교치아마모도에 어떤 영향을 미치는지를 알아보기 위하여 마모표본치아절편 표면용적측정법으로 평가한 비교치아마모도와 세마제의 입자크기, 평균입자면적, 세치제 배합량 간 상관관계를 분석하였고, 세마제 배합량과 평균입자면적이 비교치아마모도에 미치는 영향을 알아보았다. 또한 입자의 형상 및 성분을 관찰하였다.

## 제 2 장 연구재료 및 방법

### 1. 연구재료

상용 세치제를 대상으로 평가한 각 세치제의 비교치아마모도 값을 시험하여 분류한 세치제 중에서 해당 마모도 그룹 (고-마모도, 중-마모도, 저-마모도)에 해당하는 세치제를 무작위로 각각 2 종씩 선택하여 시험하였다 (Table 1).

Table 1. Toothpaste used in this study

Group	Wear rate	Brand name	Main components	Manufacturer
1 High abrasive	0.703	Bamboo salt Tiger herb toothpaste	Dental-Type Silica, Bamboo salt, Titrated Extract of Centella Asiatica, Dipotassium Glycyrrhizinate, Sodium Fluoride	LG Household&He alth Care, Korea
	0.690	Dentiste Plus White toothpaste	Silicon dioxide	Siam Cosmeceutical, Thailand
2 Medium abrasive	0.425	SNU O'health Total Care M toothpaste	Silicon dioxide, Sodium Monofluorophosphate, Tocopherol Acetate	KOLMAR, Korea
	0.381	2080 toothpaste	Dental-Type Silica, Sodium Fluoride, Tocopherol Acetate	AEKYUNG, Korea
3 Low abrasive	0.174	SNU O'health Total Care L Plus toothpaste	Silicon dioxide, Sodium Monofluorophosphate, Tocopherol Acetate	KOLMAR, Korea
	0.103	Sensodyne Original toothpaste	Strontium chloride, Calcium carbonate	Neocosmed, Thailand

\*Ha 등<sup>23)</sup> 에 근거함

## 2. 연구 방법

### 2-1) Scanning Electron Microscope (SEM) 관찰

세치제 1.0 g과 증류수 50 ml를 비이커에 넣고 마그네틱 바를 이용하여 용해성 성분이 완전히 용해될 때까지 12 시간 이상 교반하였다. 이 세치제 용액을 micro centrifuge tube에 10 ml씩 넣고 원심분리기(1730R, (주)자이로젠, 한국)에 장착한 다음 실온(25℃)에서 5,000 RPM으로 10분간 원심분리하여 용해되지 않은 성분을 분리시킨 후,<sup>24)</sup> 상층액을 제거하였다. 고형상만 남아있는 micro centrifuge tube에 증류수를 1 ml씩 추가한 후, vortex (G-560, Scientific Ind., INC. Bohemia, NY, USA)를 이용하여 흔들어 완전히 용해시켰다. 동일한 원심분리과정을 3 회 연속 반복하여 얻은 잔류물을 증류수에 다시 용해시킨 다음 거름종이(HD53-110, Hyundai Micro Co., Ltd. Korea)와 진공펌프를 이용하여 고형상을 분리하였다.

분리한 고형상을 슬라이드에 고정시킨 다음 SEM (S-4700, Hitachi, Tokyo, Japan)으로 관찰하여 각 시편에서 대표성이 있는 5 부위의 사진(×1,000)을 촬영하여 세마제 입자크기와 형상을 분석하였다. 세마제 입자크기는 개별 입자의 가로와 세로의 가장 긴 길이를 측정하여 평균값으로 하였다.

또한, 세마제 입자성분은 Energy Dispersive X-ray (EDX) Spectroscopy (EMAX, Horiba, England)를 이용하여 분석하였다.

### 2-2) Thermo Gravimetric Analyzer 분석

각 세치제를 10 mg 채취하여 열중량분석기(Q-5000IR, TA Instruments, New Castle, DE USA)를 이용하여 공기 중에서 승온 속도 10℃/min로 1100℃까지 가열하며 무게 변화를 측정하여 세마제 성분의 열 특성을 분석하였고, 세마제 배합량은 시편을 1100℃까지 가열한 다음 측정된 무게 변화로 측정하였다.

### 2-3) 평균입자면적 계산

세마제 입자크기는 개별 입자의 가로와 세로의 가장 긴 길이를 측정하여 평균값( $d$ )을 구하였고, 평균값을  $d > 5 \mu\text{m}$ ,  $5 \mu\text{m} \leq d < 10 \mu\text{m}$ ,  $10 \mu\text{m} \leq d < 15 \mu\text{m}$ ,  $15 \mu\text{m} \leq d < 20 \mu\text{m}$ ,  $20 \mu\text{m} \leq d < 25 \mu\text{m}$ ,  $d \geq 25 \mu\text{m}$ 의 6구간으로 분류하였다. 입자의 평균값( $d$ )을 원의 지름( $2r$ )으로 하여 반지름( $r$ )을 구한 후, 입자면적( $\pi r^2$ )을 구하였고, 전체 면적에 대한 각 구간별 입자면적의 비율을 구한 후, 입자면적의 비율이 높은 두 구간을 선택하여 평균입자면적을 산출하였다.

### 2-4) 통계분석

세치제 입자크기, 평균입자면적, 세마제 배합량과 비교치아마모도 간 상관관계는 Spearman 상관분석을 이용하여 분석하였고, 세치제 배합량, 평균입자면적이 비교치아마모도에 미치는 영향을 알아보기 위해 다중회귀분석을 실시하였다. 모든 통계분석은 SPSS version 21.0 (SPSS Inc., Chicago, IL, USA)을 이용하였다.

## 제 3 장 연구 결과

### 1. 세치제에 배합된 세마제 입자 크기와 형태

SEM을 이용하여 1,000배율로 세마제 입자의 형상을 관찰하였고, 각 시편에서 대표성이 있는 다섯 부위의 사진을 촬영한 다음, 세마제 입자의 크기를 분석하였다.

비교치아마모도가 높은 고마모도세치제군의 경우 세마제 입자의 크기는 상대적으로 매우 컸고, 불규칙한 형상의 입자가 관찰되었다(Fig. 1, Fig. 2). 비교치아마모도가 낮아질수록 세치제에 함유된 세마제 입자크기는 감소하는 경향을 보였다(Fig. 5, Fig. 6).

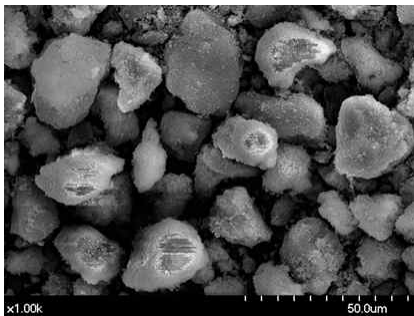


Fig. 1. Representative SEM image of abrasive for Bamboo salt Tiger herb<sup>®</sup> toothpaste.

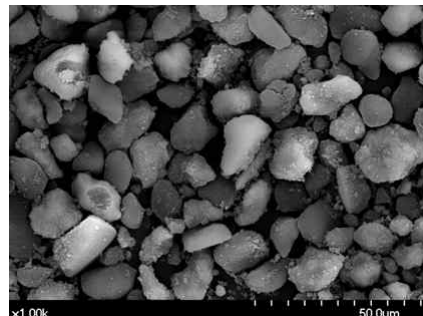


Fig. 2. Representative SEM image of abrasive for Dentiste Plus White<sup>®</sup> toothpaste.

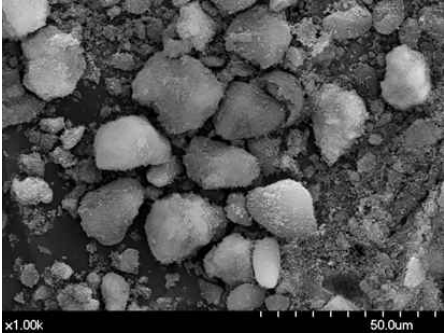


Fig. 3. Representative SEM image of abrasive for SNU O'health Total Care M<sup>®</sup> toothpaste.

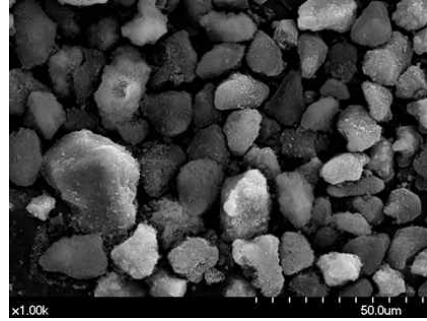


Fig. 4. Representative SEM image of abrasive for 2080<sup>®</sup> toothpaste.

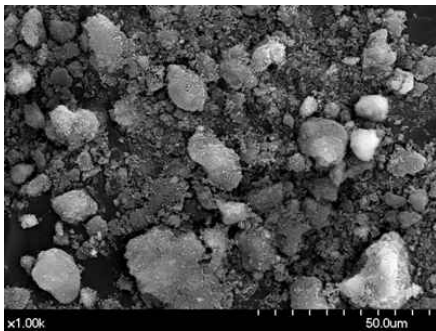


Fig. 5. Representative SEM image of abrasive for SNU O'health Total Care L Plus<sup>®</sup> toothpaste.

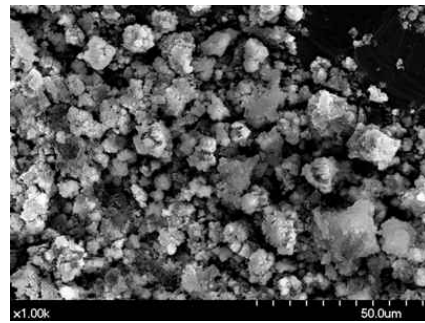


Fig. 6. Representative SEM image of abrasive for Sensodyne Original<sup>®</sup> toothpaste.



죽염호랑이세치제는 입자크기가 4.69 - 25.56  $\mu\text{m}$  범위의 세마제로 구성되었는데, 평균입자크기는 16.78  $\mu\text{m}$ 로 실험군 중에서 가장 큰 값을 보였다. 덴티스테플러스화이트세치제는 입자크기가 2.19 - 19.06  $\mu\text{m}$  범위 세마제로 구성되었고, 평균입자크기 10.67  $\mu\text{m}$ 이었다.

에스엔유오헬스토탈케어엠세치제는 3.44 - 25.63  $\mu\text{m}$  범위의 세마제 입자로 구성되었고, 평균입자크기는 11.78  $\mu\text{m}$ 이었다. 2080세치제는 3.44 - 29.69  $\mu\text{m}$  범위의 세마제 입자로 구성되었으며, 평균입자크기는 11.97  $\mu\text{m}$ 이었다. 에스엔유오헬스토탈케어엘플러스세치제는 4.06 - 19.38  $\mu\text{m}$  범위의 세마제 입자로 구성되었고, 평균입자크기는 9.75  $\mu\text{m}$ 이다. 센소다인오리지널세치제의 경우는 1.25 - 15.31  $\mu\text{m}$  범위의 세마제 입자로 구성되었으며, 세마제 평균입자크기는 5.36  $\mu\text{m}$ 으로 실험군 중에서 가장 작은 값을 보였다.

Table 2. Distribution of size of abrasive (average diameter) for each toothpaste

		Size of abrasive					
		d>5 $\mu\text{m}$ (%)	5≤d<10 $\mu\text{m}$ (%)	10≤d<15 $\mu\text{m}$ (%)	15≤d<20 $\mu\text{m}$ (%)	20≤d<25 $\mu\text{m}$ (%)	d≥25 $\mu\text{m}$ (%)
Toothpaste							
Bamboo salt Tiger herb toothpaste	the number of particles	2.3	7.0	27.9	30.2	23.3	9.3
	occupied area by particles	0.2	1.5	13.8	27.9	41.6	15.1
Dentiste Plus White toothpaste	the number of particles	8.3	24.8	59.8	7.2	0	0
	occupied area by particles	1.4	16.6	68.0	14.0	0	0
SNU O'health Total Care M toothpaste	the number of particles	5.8	40.4	21.2	25.0	5.8	1.9
	occupied area by particles	0.5	12.3	19.4	45.4	15.0	7.4
2080 toothpaste	the number of particles	.2	18.4	66.7	12.6	0	1.2
	occupied area by particles	0.1	11.0	67.3	15.1	0	6.6
SNU O'health Total Care L toothpaste	the number of particles	6.3	52.1	27.1	14.6	0	0
	occupied area by particles	2.0	24.4	35.0	38.6	0	0
Sensodyne Original toothpaste	the number of particles	48.5	42.3	8.3	1.0	0	0
	occupied area by particles	18.0	50.5	24.5	6.6	0	0

각 세치제별 세마제 입자의 크기 분포도는 Table 2와 같이, 죽염호랑이풀 세치제는 15  $\mu\text{m}$  이상이고 20  $\mu\text{m}$  미만 크기의 입자가 30.2%로 가장 많이 분포되어 있었고, 20  $\mu\text{m}$  이상이고 25  $\mu\text{m}$  미만의 입자들이 차지하고 있는

면적은 41.6%로 면적비율이 높았다. 덴티스테플러스화이트세치제는 크기가 10  $\mu\text{m}$  이상이었고 15  $\mu\text{m}$  미만인 입자가 59.8% 분포되어 있었고, 10  $\mu\text{m}$  이상이고 15  $\mu\text{m}$  미만인 입자들이 차지하고 있는 면적은 68.0%로 면적비율이 높았다. 에스엔유오헬스토탈케어엠세치제는 5  $\mu\text{m}$  이상이었고 10  $\mu\text{m}$  미만인 입자들이 40.4% 분포되어 있었고, 15  $\mu\text{m}$  이상이고 20  $\mu\text{m}$  미만의 입자들이 차지하고 있는 면적은 45.4%로 면적비율이 높았다. 2080세치제는 10  $\mu\text{m}$  이상이었고 15  $\mu\text{m}$  미만인 입자들이 66.7% 분포되었으며, 10  $\mu\text{m}$  이상이고 15  $\mu\text{m}$  미만인 입자들이 차지하고 있는 면적은 67.3%로 면적비율이 높았다. 에스엔유오헬스토탈케어엘플러스세치제는 5  $\mu\text{m}$  이상이고 10  $\mu\text{m}$ 미만인 입자들이 52.1%, 15  $\mu\text{m}$  이상이고 20  $\mu\text{m}$  미만인 입자들이 차지하고 있는 면적은 38.6%로 면적비율이 높았다. 센소다인오리지널세치제는 크기가 5  $\mu\text{m}$  미만인 입자들이 48.5% 분포되어 있었다. 5  $\mu\text{m}$  이상이고 10  $\mu\text{m}$  미만인 입자들이 차지하고 있는 면적은 50.5%로 면적비율이 높았다. 비교치아마모도가 큰 세치제의 경우 비교적 입자크기가 큰 10  $\mu\text{m}$  이상이고 15  $\mu\text{m}$  미만인 입자, 15  $\mu\text{m}$  이상이고 20  $\mu\text{m}$  미만인 입자들이 주로 분포되어있으며, 비교치아마모도가 작은 세치제의 경우는 입자크기가 5  $\mu\text{m}$  미만인 입자, 5  $\mu\text{m}$  이상이고 10  $\mu\text{m}$  미만인 입자들이 주로 분포되어 있음을 알 수 있었다.

## 2. 세치제에 배합된 세마제 배합량

죽염호랑이풀세치제, 덴티스테플러스화이트세치제, 에스엔유오헬스토탈케어엠세치제, 2080세치제, 에스엔유오헬스토탈케어엘플러스세치제, 센소다인오리지널세치제 등 6종의 세치제를 열중량분석기를 이용하여 1100℃까지 가열하며 잔류된 물질의 중량을 측정하였다. 남아있는 잔류물의 중량을 세치제에 배합된 세마제의 함량으로 계산하였다. 세치제별 세마제의 배합량과 비교치아마모도는 Table 3과 같이, 정리하였다. 고마모도세치제군인 죽염호랑이풀세치제는 세마제 배합량이 19.2%이었고, 덴티스테플러스화이트세치제는 20.8%이었다. 중마모도세치제군인 에스엔유오헬스토탈케어엠세치제의 세마제 배합량은 15.1%, 2080세치제는 17.6%이었다. 저마모도세치제군인 에스엔유오헬스토탈케어엘플러스세치제의 세마제 배합량은 11.1%, 센소다인오리지널세치제는 12.3%이었다. 이와 같이 세치제의 세마제 배합량이 감소할수록 비교치아마모도도 대체로 낮아지는 것을 보였다.

Table 3. The relative tooth abrasivity and contents of abrasive for each toothpaste

Toothpaste	Contents of abrasive (wt.%)	The relative tooth abrasivity
Bamboo salt Tiger herb toothpaste	19.2	0.703
Dentiste Plus White toothpaste	20.8	0.690
SNU O'health Total Care M toothpaste	15.1	0.425
2080 toothpaste	17.6	0.381
SNU O'health Total Care L Plus toothpaste	11.1	0.174
Sensodyne Original toothpaste	12.3	0.103

### 3. 세치제에 배합된 세마제 성분

EDX로 세마제 입자의 성분을 분석한 결과, 탄산칼슘과 염화스트론튬을 함유하여 Ca, Sr 및 Cl이 검출된 센소다인오리지날세치제를 제외한 나머지 세치제(죽염호랑이풀세치제, 덴티스테플러스화이트세치제, 에스엔유오헬스토탈케어엠세치제, 2080세치제, 에스엔유오헬스토탈케어엘플러스세치제)에서는 세마제 주성분으로 명시된 이산화규소를 함유하고 있어서 Si와 O가 검출되었다.

Element	Weight%	Atomic%
O K	49.72	63.45
Si K	50.28	36.55
Totals	100.00	

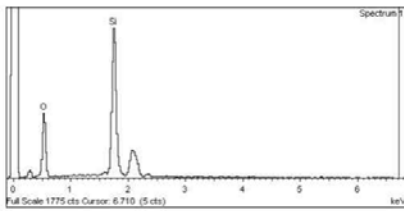


Fig. 7. Analysis of abrasive composition for Bamboo salt Tiger herb<sup>®</sup> toothpaste.

Element	Weight%	Atomic%
O K	51.48	65.07
Si K	48.52	34.93
Totals	100.00	

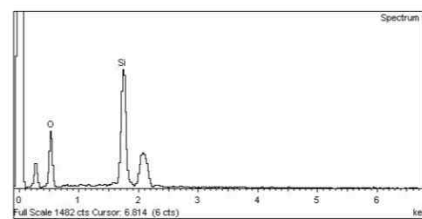


Fig. 8. Analysis of abrasive composition for Dentiste Plus White<sup>®</sup> toothpaste.

Element	Weight%	Atomic%
O K	47.17	61.05
Si K	52.83	38.95
Totals	100.00	

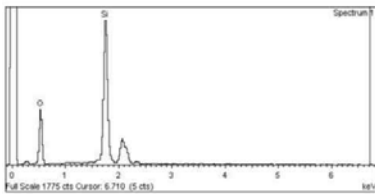


Fig. 9. Analysis of abrasive composition for SNU O'health Total Care M<sup>®</sup> toothpaste.

Element	Weight%	Atomic%
O K	50.70	64.35
Si K	49.30	35.65
Totals	100.00	

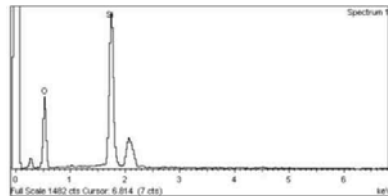


Fig. 10. Analysis of abrasive composition for 2080<sup>®</sup> toothpaste.

Element	Weight%	Atomic%
O K	56.84	69.80
Si K	43.16	30.20
Totals	100.00	

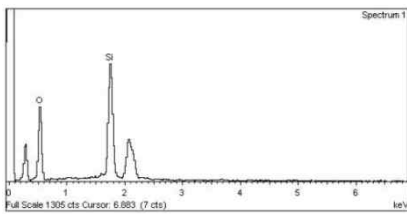


Fig. 11. Analysis of abrasive composition for SNU O'health Total Care L<sup>®</sup> Plus toothpaste.

Element	Weight%	Atomic%
O K	47.46	69.52
Si K	5.99	5.00
Cl K	0.19	0.13
Ca K	37.98	22.21
Ti K	4.07	1.99
Sr L	4.31	1.15
Totals	100.00	

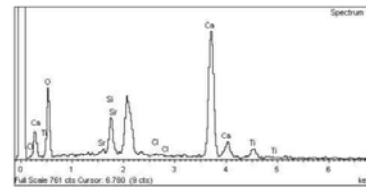


Fig. 12. Analysis of abrasive composition for Sensodyne Original<sup>®</sup> toothpaste.

#### 4. 통계분석

##### 4-1) 비교치아마모도와 평균입자면적 간 상관관계

비교치아마모도와 세마제 평균입자면적의 상관관계는 Spearman 상관분석 결과, 비교치아마모도와 평균입자면적 간 유의한 상관관계가 없었다 ( $p=0.208$ ).

##### 4-2) 비교치아마모도와 평균입자크기 간 상관관계

비교치아마모도와 세마제 평균입자크기의 상관관계는 Spearman 상관분석 결과, 비교치아마모도와 평균입자크기 간 유의한 상관관계가 없었다 ( $p=0.069$ ).

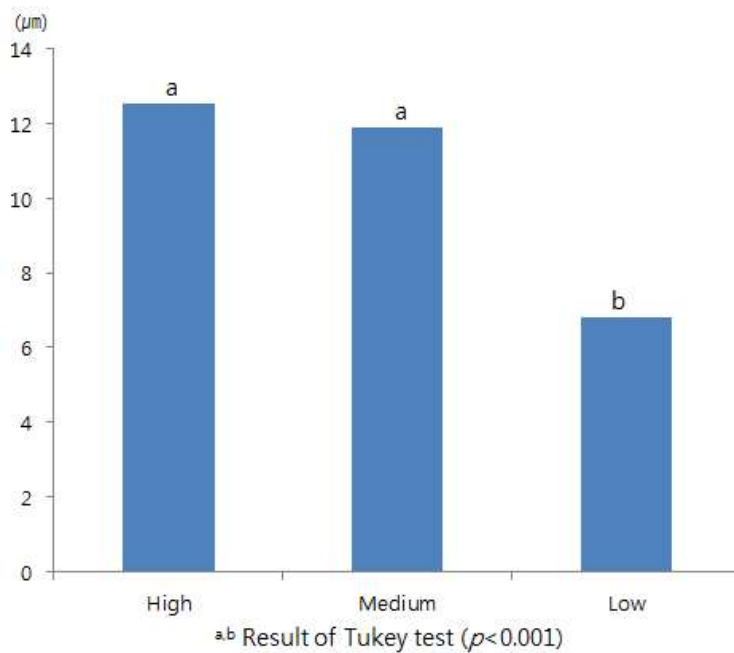


Fig. 13. Significant difference between group and average size of abrasive.

세치제를 비교치아마모도에 따라 고-마모도, 중-마모도, 저-마모도로 분류하여, 집단 간 평균입자크기 비교를 위해 일원배치분석을 실시한 결과 Fig. 13과 같이, 집단 간 유의한 차이를 보였고( $p<0.001$ ), Turkey 사후검정 결과, 저-마모도 세치제군과 중-마모도 및 고-마모도 세치제군 간 유의한 차이가 있었다.

#### 4-3) 비교치아마모도와 세마제 배합량 간 상관관계

세치제의 세마제 배합량과 비교치아마모도 간 상관관계를 Spearman 상관분석을 실시한 결과 Fig. 14, Table 4와 같이, 비교치아마모도와 세마제 배합량 간 상관관계는 유의하게 나타났다( $p=0.007$ ,  $r=0.933$ ).

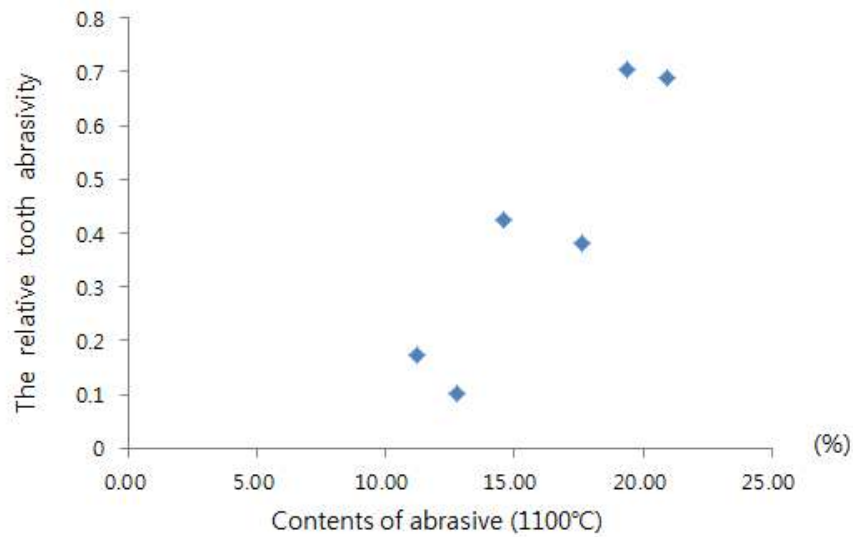


Fig. 14. Correlation between the relative tooth abrasivity and contents of abrasive



Table 4. Correlation between the relative tooth abrasivity and contents of abrasive

	The relative tooth abrasivity	Contents of abrasive (1100℃)
The relative tooth abrasivity	1.00	.933*
Contents of abrasive(1100℃)	.933*	1.00

\* $p=0.070$

4-4) 세마제 배합량, 평균입자면적이 비교치아마모도에 미치는 영향

세치제 배합량, 평균입자면적이 비교치아마모도에 미치는 영향을 알아보기 위해 다중회귀분석을 실시하였다(Table 5). 유의확률 0.011로 사용된 회귀모델은 통계적으로 유의함을 나타내었다.

Table 5. Multiple Regression Analysis

Dependent variable	Independent variable	B	$\beta$	t	p	VIF
		-0.597				
The relative tooth abrasivity	Average occupied area by particles	0.001	0.298	2.255	0.109	1.093
	Contents of abrasive (1100℃)	0.055	0.846	6.399	0.008	1.093

평균입자면적 변수를 통제하였을 때 세마제 배합량이 1% 증가할 때마다 비교치아마모도는 0.055 만큼 증가된다는 것을 의미한다. 세마제 배합량의 회귀계수에 대한 유의성 검정결과는 t값이 6.399이고 유의확률이 0.008로서 통계학적으로 유의하지만 평균입자면적의 회귀계수에 대한 유의성 검정 결과 유의확률 0.109로 통계적으로 유의하지 않았다.

## 제 4 장 고 안

Camargo 등<sup>2)</sup>은 세마제로 첨가된 실리카( $\text{SiO}_2$ )와 탄산칼슘( $\text{CaCO}_3$ ) 입자의 크기와 RDA 상관성을 비교하였는데, 입자의 크기가 클수록 RDA값이 증가한다고 보고하였다. 또한 Kim 등<sup>5)</sup>은 동일한 세마제를 배합한 실험용 세치제의 비교치아마모도를 평가한 결과 배합세치제의 평균입자크기가 증가함에 따라 비교치아마모도는 증가하는 경향을 보였으나 정비례하지는 않았다고 보고하였다. 본 연구에서도 고-, 중- 및 저-마모도로 분류된 세치제의 평균입자크기는 Fig. 13과 같이 그룹 간 유의한 차이가 확인되었다.

Camargo 등<sup>2)</sup>은 SEM으로 관찰한 실리카와 탄산칼슘의 입자형태는 균일하지 않았으며, 탄산칼슘 입자는 실리카 입자 보다 더 많이 응집된 형태로 관찰되었다고 보고하였다. 본 연구에서도 SEM으로 세마제의 입자 형태를 관찰하여 유사한 결과 Fig. 1-6에서 관찰되었다.

텐티스테플러스화이트세치제, 2080세치제, 센소다인오리지널세치제의 경우 세치제 배합량과 비교치아마모도가 다소 맞지 않는다. 이를 통해 세치제 배합량 뿐만 아니라, 세마제 입자크기, 면적, 형상, 강도, 성분을 고려해 볼 필요가 있다는 것을 알 수 있다. Boer 등<sup>4)</sup>은 세마제 입자크기와 마모도와의 상관성을 발표하였다. 또한  $7\ \mu\text{m}$  입자크기의 수산화알루미늄 세마제가  $8\ \mu\text{m}$  입자크기의 탄산칼슘 세마제 보다 더 큰 마모도를 보였다고 하였다. 이러한 차이는 아마도 세마제 입자크기뿐만 아니라 입자의 기계적 특성도 실제 세치제의 마모도에 영향을 줄 수 있음을 보여주는 결과이다. 이를 통해, 입자의 크기, 면적뿐 아니라 입자 강도, 형상, 성분 등 세마제의 다양한 특성들이 종합적으로 고려되어야 한다는 것을 알 수 있었다.

치아의 마모에 영향을 주는 다양한 요인이 있다. 칫솔모의 유형에 따라 치아 마모도에 큰 차이가 있다.<sup>15,16,17)</sup> 칫솔모의 강도 및 식립디자인에 따

라 치아의 마모에 영향을 미친다. 하지만 마모도에 대한 칫솔모의 영향을 따로 분리하여 설명하는 것은 어렵고, 세치제와 칫솔모의 상호작용으로 치면마모도에 영향을 준다는 연구보고가 있다.<sup>18,19)</sup> 또한 마모도는 당단백막(acquired pellicle)이 있을 때 감소되며,<sup>20)</sup> 실리콘 오일은 마모도 비율을 감소시키고 표면을 부드럽게 만들어주기 때문에 세마제에 실리콘 오일을 첨가하였을 때도 마모도가 감소된다.<sup>21)</sup> 또한 잇솔질을 할 때 개인의 행동적 차이도 마모도에 영향을 줄 수 있다. 잇솔질의 빈도 및 잇솔질 할 때의 힘도 치아의 마모에 영향을 주는 요인이다.<sup>13,22)</sup> 따라서 세치제의 세마제 특성뿐만 아니라 외부 요인, 개인의 구강상태 및 행동적 차이를 고려하여 세치제를 선택해야 할 것으로 사료되었다.

이번 연구에는 몇 가지 제한점을 가지고 있다. 첫째, 치아마모도에 영향을 미치는 요인으로는 칫솔모 유형, 치약 성분, 개인 행동적 차이,<sup>13,14)</sup> 당단백막(acquired pellicle)의 유·무, 세마제 배합비율 및 세마제 종류 등이 있다. 하지만 이번 연구에서는 다양한 요인을 배제하고, 세치제의 세마제 특성만을 보았다. 따라서 세마제의 입자크기, 면적, 형상, 성분, 배합량 등 세마제의 특성뿐만 아니라 치아마모에 영향을 끼칠 수 있는 요인을 고려하여, 본인에게 맞는 세치제를 선택해야 한다고 사료되었다.

그리고 시판되고 있는 세치제는 시간이 경과함에 따라 제조사들이 성분을 조정시킬 수 있기 때문에 세치제의 종류 및 조성이 달라짐에 따라 본 연구의 결과가 달라질 수 있다고 생각 되었다.

또한, 같은 종류의 세치제이지만, 측정 샘플이 다를 경우 기존의 비교치아 마모도 데이터를 바탕으로 하여 같은 종류의 세치제를 이용하여 본 연구를 진행하였으나, 시간이 지남에 따라 세치제의 조성이 달라질 수 있어 샘플이 일정하지 않을 수 있다고 사료되었다.

## 제 5 장 결 론

저자는 세마제가 비교치아마모도에 주는 영향을 알아보기 비교치아마모도와 세마제 입자크기, 평균입자면적, 세마제 배합량 같은 특성이 상관성이 있는지 비교 분석하였고, 입자의 형상과 성분을 관찰한 결과, 다음과 같은 결론을 얻었다.

- 1) 고마모도세치제군인 죽염호랑이풀세치제와 덴티스테플러스화이트세치제의 평균입자의 크기는  $16.78 \mu\text{m}$ 와  $10.67 \mu\text{m}$ 이었고, 중마모도세치제군인 에스엔유오헬스토탈케어엠세치제와 2080세치제의 평균입자크기는  $11.78 \mu\text{m}$ 와  $11.97 \mu\text{m}$ 이었다. 저마모도세치제군인 에스엔유오헬스토탈케어엘플러스세치제와 센소다인오리지널세치제의 평균입자크기는  $9.75 \mu\text{m}$ 와  $5.36 \mu\text{m}$ 로 상대적으로 작은 입자로 구성되어 있었다.
- 2) 비교치아마모도와 세마제 평균입자면적의 상관관계를 알아보기 위하여 Spearman 상관분석을 실시한 결과, 비교치아마모도와 평균입자면적 간 유의한 상관관계는 없었다( $p=0.208$ ).
- 3) 비교치아마모도와 세마제 평균입자크기 간 상관관계는 보이지 않았지만, 고마모도, 중마모도세치제와 저마모도세치제군 간에 유의성이 있었다( $p<0.001$ ).
- 4) 고마모도세치제군인 죽염호랑이풀세치제와 덴티스테플러스화이트세치제에서는 불규칙적인 입자가 많이 발견되었고, 저마모도세치제군인 에스엔유오헬스토탈케어엘플러스세치제와 센소다인오리지널세치제에서는 작은 입자들이 응집된 것을 볼 수 있었다.
- 5) 대부분 세치제의 세마제 성분은 이산화규소( $\text{SiO}_2$ )로 Si와 O가 주로 검출되었고, 탄산칼슘( $\text{CaCO}_3$ )과 염화스트론튬( $\text{SrCl}_2$ )이 배합된 세치제에서는 Ca, Sr, Cl 등이 검출되었다.

- 6) 비교치아마모도와 세마제 배합량 간 상관분석 결과, 양의 상관관계가 있었다( $p=0.007$ ,  $r=0.933$ ).
- 7) 세마제 배합량, 평균입자면적이 비교치아마모도에 미치는 영향을 알아보기 위해 다중회귀분석을 실시한 결과, 세마제 배합과 비교치아마모도 간 유의한 연관성이 있었으나( $p=0.008$ ), 평균입자면적과 비교치아마모도 간 연관성은 없었다( $p=0.109$ ).

## References

1. 김중배, 최유진, 백대일, 신승철, 장기완, 홍석진, et al. 예방치학. 고문사 2009, pp. 1-347.
2. Camarco IMC, Saiki M, Vasconcellos MBA, Avila DM, Abrasiveness evaluation of silica and calcium carbonate used in the production of dentifrices. J Cosmet Sci 2001;52:163-167.
3. Navarre MG, The Chemistry and Manufacture of Cosmetics (Continental Press, Orlando, Florida, 1975), Vol.III, pp.445-470.
4. Boer R, Duinkerke ASH, Arends J. Influence of tooth paste particle size and tooth brush stiffness on dentine abrasion *in vitro*. Caries Res 1985;19:232-239.
5. Johng Bai Kim, Dai Il Paik, Hyock Soo Moon, Moon Sung Hahn, Sung Soo Suh, Kwang Lai Jeong, Young Ho Kim, Jong Hean Choi. Effect of Abrasive Particle Size and Mixing Ratio on Tooth Abrasiveness. Journal of Korean Academy of Oral Health 1990;14(2):317-324.
6. Liljeborg A, Tellefsen G, Johannsen G. The use of a profilometer for both qualitative measurements of toothpaste abrasivity. Int J Dent Hygiene 2010;8:237-243.
7. British Standards Institution. Specification for toothpastes. BS 5136:1981.
8. British Standards Institution. Dentistry-toothpastes-requirements, test methods and marking, BS EN ISO 11609:1998.
9. 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: 1060-1068.

10. Ashmore H. Dental enamel abrasion: an *in vitro* method using interference microscopy. Br Dent J 1966;120:309-314.
11. Johng Bai Kim, Moon Sung Hahn, Sung Soo Suh, Kwang Lai Jeong, Young Ho Kim, Jong Hean Choi. A Study on the Abrasiveness of Toothpastes Marketing in the Republic Korea. Journal of Korean Academy of Oral Health 1990;14(1):35-40.
12. International Standard Organization. ISO/TC106/SC7/Joint meeting of WG4. 2008.
13. Gonzalez-Cabezas C, Hara AT, Hefferren J, Lippert F. Abrasivity testing of dentifrices—challenges and current state of the art. van Loveren C(ed): Toothpastes. Monogr Oral Sci. Basel, Karger, 2013;23:100-107.
14. Heasman PA, Heynderickx I, de jager M, Stum D. Influence of a controlled pressure system on toothbrushing behavior. J Clin Dent 2001;12:2-6.
15. Kumar S, Kumari M, Acharya S, Prasad R. Comparison of surface abrasion produced on the enamel surface by a standard dentifrice using three different toothbrush bristle designs: A profilometric *in vitro* study. J Conserv Dent 2014;17:369-373.
16. Parry J, Harrington E, Rees GD, McNab R, Smith AJ. Control of brushing variables for the *in vitro* assessment of toothpaste abrasivity using a novel laboratory model. J Dent 2008;36:117-124.
17. Forward GC. Role of toothpastes in the cleaning of teeth. Int Dent J 1991;41:164-170.
18. Dyer D, Addy M, Newcombe RG. Studies *in vitro* of abrasion by different manual toothbrush heads and a standard toothpaste. J Clin Periodontol 2000;27:99-103.
19. Hefferren JJ. A laboratory method for assessment of dentifrice abrasivity. J Dent Res 1976;55:563-573.

20. Joiner A, Schwartz A, Philpotts CJ, Cox TF, Huber K, Hannig M. The protective nature of pellicle towards toothpaste abrasion on enamel and dentine. *J Dent* 2008;36:360-368.
21. Johannsen G. The influence of silicone oil in toothpastes on abrasion *in vitro*. *Swed Dent J* 1990;17:117-122.
22. Annette Wiegand, Nadine Schlueter. The role of oral hygiene: does toothbrushing harm? Lussi A, Ganss C(eds): Erosive tooth wear. *Monogr Oral Sci*. Basel, Karger, 2014;25:215-219.
23. Jung-Eun Ha, Yeon-Joo Kang, Bo-Hyoung Jin, Dai-Il Paik, Kwang-Hak Bae. Relative tooth abrasivity of the dentifrices marketed in KOREA. *Journal of Korean Academy of Oral Health* 2011 Mar;35(1):18-22.
24. Pascaretti-Grizon F, Mabillean G, Chappard D. Abrasion of 6 dentifrices measured by vertical scanning interference microscopy. *J Appl Oral Sci* 2013;21:475-481.



Abstract

# The effect of toothpaste abrasive on the relative tooth abrasivity

Ji-Young Kim, BS

(Directed by Professor Dai-Il Paik, DDS, MSD, PhD)

Department of Preventive and Social Dentistry, The  
Graduate School, Seoul National University

## 1. Objective

The purpose of this study was to investigate the effects of abrasive particle on the relative tooth abrasivity. The characteristics of abrasive particle (such as sizes, shapes, composition, and contents) were evaluated how they affect the relative tooth abrasivity.

## 2. Methods

Three groups of toothpastes were used for this study. Six toothpastes were selected based on the classified relative tooth abrasivity from previous study. The factors of abrasive particle including their size, shape, composition, and fraction were analyzed using Scanning Electron Microscope, Energy Dispersive X-ray and Thermo Gravimetric Analyzer after extraction of abrasive particles from toothpastes.

After measurements, correlations between the properties of abrasive particle and the relative tooth abrasivity were analyzed using SPSS 21.0 version program (SPSS Inc., Chicago, IL, USA).

## 3. Results

- 1) An average particle size of high-wear rate toothpastes were 16.78  $\mu\text{m}$  for the Bamboo salt Tiger herb and 10.67  $\mu\text{m}$  for the Dentiste Plus White. For middle-wear rate ones were 11.78  $\mu\text{m}$  for the SNU O'health Total Care M and 11.97  $\mu\text{m}$  for the 2080. For low-wear rate ones were 9.75  $\mu\text{m}$  for the SNU O'health Total Care L Plus and 5.36  $\mu\text{m}$  for the Sensodyne Original.
- 2) We observed that particles of high-wear rate toothpastes had irregular shapes, while particles of low-wear rate ones were randomly clustered.
- 3) There was no correlation between the relative tooth abrasivity and average occupied area by particles ( $p=0.208$ ).
- 4) There was no correlation between the relative tooth abrasivity and size of abrasive. While there were significant difference between high-, medium-wear rate group and low-wear rate one.

- 5) The main component of abrasive particle was SiO<sub>2</sub> except for the Sensodyne Original which components were CaCO<sub>3</sub> and SrCl<sub>2</sub>.
- 6) There is a positive correlation between the relative tooth abrasivity and contents of abrasive ( $p=0.007$ ,  $r=0.933$ ).
- 7) The contents of abrasive were significantly associated with the relative tooth abrasivity ( $p=0.008$ ) in multiple regression model, there were no significant association between average occupied area by particles and the relative tooth abrasivity ( $p=0.109$ ).

---

Key words : toothpaste, relative tooth abrasivity, abrasive size,  
abrasive shape, abrasive composition and fraction

Student Number : 2007-23380