

저농도의 불화나트륨을 함유한 불소제제가 치질의 강도와 화학적 성분에 미치는 영향

Influence of Microhardness and Mineral Content on Fluoride Materials Containing Low Concentration with Sodium Fluoride

김혜영*, 남설희**, 정미애***

경북대학교 치의학전문대학원 생체재료연구소*, 부산대학교 치의학전문대학원 구강해부학교실**, 강원대학교 치위생학과***

Hye-Young Kim(khy0606@daum.net)*, Seoul-Hee Nam(miss4228@hanmail.net)** ,
Mi-Ae Jeong(teeth2080@kangwon.ac.kr)***

요약

본 연구는 시판되는 불소양치용액과 불소치약을 4주간 적용한 다음 법랑질 재광화 효과와 화학적 성분에 미치는 영향을 표면미세경도계와 전자현미분석 (EPMA)를 이용하여 비교분석하였다. 경도측정 결과, 0.23% 불화나트륨이 함유된 불소치약만 적용한 그룹과 0.02% 불소양치용액과 0.23% 불소치약을 병용한 그룹에서는 3주 후부터 그룹 간의 뚜렷하게 유의한 차이를 보였다 ($p < 0.05$). 전자현미분석을 통한 치아의 주요성분인 Ca, P의 정량적인 성분분석을 시행한 결과, 불화나트륨이 함유된 불소치약만 적용한 그룹과 불소양치용액과 불소치약을 병용한 그룹에서는 유의한 차이를 보였다 ($p < 0.05$). P 수치 변화는 모든 그룹에서 통계적으로 유의한 차이를 보이지 않았다 ($p > 0.05$). 그러므로, 본 연구의 결과 저농도의 불소가 함유되어 있는 불소양치용액과 불소치약을 병용 처리한 경우에 칼슘 수치의 증가와 뚜렷한 표면경도의 증가를 보였음을 확인하였으며, 이는 법랑질의 재광화 효과가 있음을 확인하였다.

■ 중심어 : | 불소양치용액 | 불소치약 | 재광화 | 미세경도 | 무기질 성분 |

Abstract

The purpose of this study was to evaluate the efficacy of gargle and toothpaste containing low concentration with sodium fluoride on the remineralization through the surface microhardness and mineral content in enamel. After 4 weeks-application, the enamel surface was measured using microhardness tester and the calcium (Ca) and phosphorous (P) concentration of mineral content by electron probe microanalyzer (EPMA) analysis. By combining fluoridated gargle with toothpaste, a remineralized enamel resulted in significantly significant differences among the four groups ($p < 0.05$). The Ca change treated with 0.23% fluoridated toothpaste and 0.02% fluoridated gargle with 0.23% toothpaste demonstrated the highest among the other groups. In conclusion, the fluoridated gargle with toothpaste by low concentration showed a significantly greatest synergistic effect on remineralization of the enamel than the other groups.

■ keyword : | Fluoridated Gargle | Fluoridated Toothpaste | Remineralization | Microhardness | Mineral Content |

I. 서론

치아우식증은 구강 내 수많은 미생물들의 작용에 의하여 치아의 경조직에 발생하는 대표적 구강질환이다. 일반적으로 우식 유발 식품 섭취가 많고 구강위생 관리 능력이 낮은 경우 산생성이 증가되고 이로 인해 무기질의 탈회가 진행되고, 그 결과 법랑질 표면에 다공성이 증가하는 초기 단계의 치아우식증이 발생한다[1][2]. 치아부식증은 치아우식증과 달리, 세균의 작용 없이 산에 의해 치아 경조직이 일부 연화되고 탈회되면서 법랑질의 최외층이 제거되어 치면에 화학적인 손상이 일어나는 것이다[3][4]. 주요 원인으로는 과일주스, 청량음료, 스포츠음료와 같은 산성음료에 함유된 구연산, 사과산, 인산과 같은 산에 인한 것으로 되었다[5-8]. 이러한 초기 치아우식증과 치아부식증은 상실된 무기질을 재공급해주는 재광화 과정을 통해서 건강한 치질로의 회복이 가능하다[9]. 그러므로, 조기에 발견하고 적절한 처치를 시행하는 것이 중요하다.

현재까지 치아우식 예방과 초기우식병소와 산부식증의 재광화 과정에 있어 가장 효과적인 물질로 보고된 것은 불소이다. 불소는 20세기 초 치과의사인 McKay[10]에 의해 치아에 생기는 반점치에 대한 연구가 진행되면서 발견되어 치아우식증 예방에 효과적인 제재로 알려지기 시작하였다. 또한, 불소는 치아우식증을 감소시킬 수 있기 때문에 부식성 법랑질 소실을 예방하기 위한 방법으로 추천되어진다[11]. 불소는 우리 생활과 불가분의 관계에 있는 중요한 원소 중 하나로, 용액이나 겔, 폼, 바니쉬 형태로 공급되며 치약이나 음료 등 여러 식품들에 배합되어 사용된다. 대표적인 화합물 중 불화나트륨(sodium fluoride)은 불소용액 양치 및 불소치약에 다양한 농도로 사용되고 있으며, 불소의 투여방법 가운데 일상에서 가장 흔하게 쓰이고 있는 불소 공급원이다[12].

불소양치용액과 불소치약에 함유된 불소는 치아의 주요 구성성분인 수산화인회석(hydroxyapatite)과 결합하여 수산화이온(hydroxyl ion)이 불소로 치환되고 용해성이 낮은 불화인회석(fluoroapatite)을 형성한다. 형성된 불화인회석은 원자배열이 치밀하고 안정적 결

정으로 법랑질 결정구조에 결합되어 더욱 단단한 구조를 가진다. 이와 같이 결합력이 작용되어 법랑질의 산에 대한 용해도를 감소시키며, 미세경도를 증가시키고 탈회된 법랑질에 적용할 경우 법랑질의 재광화를 촉진하여 항우식효과와 항부식효과를 나타낸다. 그러므로, 법랑질의 재광화 촉진과 법랑질의 탈회를 예방하기 위하여 일상생활에서 가장 쉽게 접할 수 있는 불소양치용액과 불소치약으로 지속적으로 치아에 적용 해주는 것이 치아우식증 예방효과가 큰 것으로 알려져 있다[13][14].

본 연구는 시편되는 불소양치용액과 불소치약의 법랑질 재광화효과를 알아보기 위해 법랑질 시편에 4주간 적용한 다음 표면경도계와 EPMA를 이용하여 비교 분석하였다.

II. 연구대상 및 방법

1. 연구재료

1.1 시편준비 및 제작

본 연구에 사용된 치아는 치아우식증, 균열, 마모, 착색 등 형태적으로 이상이 없고 치주질환을 원인으로 발거된 사람의 대구치를 선별하여 사용하였다. 선정된 96개의 치아는 치석과 치아 주변에 붙어 있는 이물질을 제거 한 다음, 사용하기 전까지 미생물과 박테리아 증식을 억제하기 위하여 0.4% 아자이드화나트륨(sodium azide, Sigma-Aldrich, St. Louis, USA) 용액에 보관하였다.

시편을 제작하기 위해 법랑백악경계부를 경조직절단기(Minitom, Struers, Copenhagen, Denmark)를 사용하여 절단된 치관부만 이용하였고, 치관을 다시 근원심방향로 절단 한 다음 레진에 편평한 96개의 법랑질 시편(3×3×2mm) 제작한 후 #600, #800, #1200 연마지로 단계별로 연마하였다. 완성된 법랑질 시편은 초기 미세경도 값을 측정한 후 4개군으로 무작위 분류하였다.

1.2 연구방법

준비된 4개군의 법랑질 시편은 다음과 같이 처리하였다.

제 1군은 대조군으로 범랑질 시편에 아무런 처리를 하지 않고 전제 실험과정 동안 인공타액에 보관하였다.

제2군은 0.02% 불화나트륨이 함유된 불소양치용액에 매일 아침, 점심, 저녁 3회, 1분동안 침적시킨 다음, 멸균증류수로 세척하여 인공타액에 담구어 보관하였다.

제 3군은 0.23% 불화나트륨 함유된 불소치약을 아침, 점심, 저녁 3분씩 1mm의 두께로 범랑질 표면에 동일하게 3회 처리하였으며, 멸균증류수로 깨끗하게 세척하여 인공타액에 담귀 보관하였다.

제 4군은 0.23% 불화나트륨 함유된 불소치약을 3분씩 적용 후 0.02% 불화나트륨이 함유된 불소양치용액에 1분 동안 처리하였으며, 아침, 점심, 저녁 총 4분 3회 처리한 다음 멸균증류수로 세척하여 인공타액에 담구어 보관되었다.

각 그룹에 담긴 인공타액은 아침, 점심, 저녁으로 하루에 3번 교체하였으며, 이러한 과정은 총 4주 동안 반복하였고 1주 간격으로 재광화 정도를 평가하였다.

1.3 미세경도측정

각 군의 범랑질 시편은 표면경도계(microhardness, Akashi MWK-III, Tokyo, Japan)를 이용하여 시편 표면에 수직으로 100 g의 하중을 10초간 압입하여 Vickers Hardness Number (VHN)를 측정하였다. 한 시편당 4회씩 측정하여 평균을 구하였다.

1.4 전자현미분석기측정

범랑질 표면에 불소 흡착을 통한 재광화와 성분의 변화 유무를 정량적인 분석을 위하여 전자현미분석 electron probe microanalyzer (EPMA;anX100 (EA MIEEA (EPrbevPie (France)을 이용하여 치아의 구조에 따른 전반적인 화학적 조성의 분포를 측정하였다. 치아를 이루고 있는 주요 성분인 칼슘(Ea), 인(P)을 중심으로 화학조성 분석을 시행하였다. 범랑질 시편들은 EPMA 분석을 위자현탄소 코팅하였다. 빔 크기는 10 μm , 가속전압은 15keV, 빔 전류는 20nA(EPrbev표면하 100 μm 까지의 Ea, P 성분을 검출하며, 시편 당 4point로 범랑질 표면의 weight percent를 측정하였다.

2. 통계분석

각 실험 집단 간의 재광화 효과를 평가하기 위하여 일원분산분석법 (one-way ANOVA)을 시행하였고, 사후검증으로 Tukey's test 사용하여 통계적 유의성을 검증하였다. 모든 분석에서 유의수준은 $\alpha=0.05$ 였고, SPSS 18.0 통계 패키지 프로그램(SPSS Inc., USA)을 이용하였다.

III. 결과

1. 표면 미세경도 변화

각 군에 대한 범랑질 시편의 표면미세경도(VHN)를 측정하여 비교한 값은 [Table 2]와 같다. 처리기간별로 모든 그룹에서 통계적으로 유의한 차이를 보였다 ($p<0.05$). 아무것도 처리하지 않은 대조군에 비하여 불화나트륨이 함유된 불소양치용액과 불소치약을 처리 시 표면경도 변화량이 증가하였다.

불화나트륨이 함유된 불소양치용액과 불소치약을 1-2주 처리하였을 때 대조군과 불소양치용액간의 유의한 차이는 없었으나($p>0.05$), 불화나트륨이 함유된 불소치약만 적용한 그룹과 불소양치용액과 불소치약을 병용한 그룹에서는 유의한 차이를 보였다. 불화나트륨이 함유된 불소양치용액과 불소치약을 적용한 3주 후에는 각 그룹 간의 유의한 차이를 보였다($p<0.05$). 특히, 불소양치용액과 불소치약을 병용한 4군에서 표면미세경도가 가장 많이 증가되었다.

Table 1. Composition of experimental materials (Used products in this study)

| Products | Ingredients | Manufacturer |
|----------------------|--|------------------------------|
| Colgate Total | Sodium Fluoride 0.243% Triclosan 0.03% | Colgate, USA |
| Listerine Total care | Sodium Fluoride 0.022% Eucalyptol 0.091% Thymol 0.063% Menthol 0.042% | Johnson&Johnson Inc., Canada |

Table 2. Surface microhardness changes after treatment of each group

| Treatment period | N | Mean VHN±S.D | | | | p-value |
|------------------|----|------------------------|--------------------|------------------------|---------------------------------|---------|
| | | Control (No treatment) | Fluoridated Gargle | Fluoridated Toothpaste | Fluoridated Gargle + Toothpaste | |
| 7 day | 24 | 384.18 ±22.76 | 395.29 ±23.61 | 554.15 ±37.40 | 596.96 ±34.69 | 0.000* |
| 14 day | 24 | 397.53 ±24.58 | 427.79 ±35.04 | 565.86 ±19.53 | 617.61 ±34.92 | 0.000* |
| 21 day | 24 | 399.44 ±29.98 | 492.39 ±30.91 | 579.84 ±18.12 | 650.45 ±34.57 | 0.000* |
| 28 day | 24 | 403.65 ±27.85 | 537.69 ±23.59 | 604.91 ±29.80 | 734.29 ±37.44 | 0.000* |

*p-values are determined by one-way ANOVA (p<0.05). Values are means±S.D

2. 전자현미분석을 이용한 Ca,P 변화

법랑질 표면의 재광화와 성분의 변화를 정량적인 분석을 전자현미분석을 이용하여 치아를 주로 이루고 있는 Ca, P 성분분석을 시행한 결과는 [Fig. 2][Fig. 3]와 같다. 모든 그룹의 법랑질 시편을 1주 간격으로 4주간 적용하여 측정된 수치의 변화를 보였다. [Table 3][Table 4]는 Ca, P변화에 대한 ANOVA 통계분석 후 그룹 간의 유의한 차이를 확인하기 위하여 Tukey's test의 결과이다. Ca의 수치의 변화는 대조군과 비교하여 0.02% 불화나트륨이 함유된 불소양치용액을 4주간 처리하였을 때에는 유의한 차이는 없었으나(p>0.05), 0.23% 불화나트륨이 함유된 불소치약만 적용한 그룹과 불소양치용액과 불소치약을 병용한 그룹에서는 유의한 차이를 보였다(p<0.05). P 수치의 변화는 모든 그룹에서 통계적으로 유의한 차이를 보이지 않았다(p>0.05). 불소치약만 적용한 그룹과 불소양치용액과 불소치약을 병용한 그룹에서는 불소양치용액만 적용한 그룹보다 칼슘의 농도수치가 높게 나타났으므로 치질의 재광화 효과가 우세하였다.

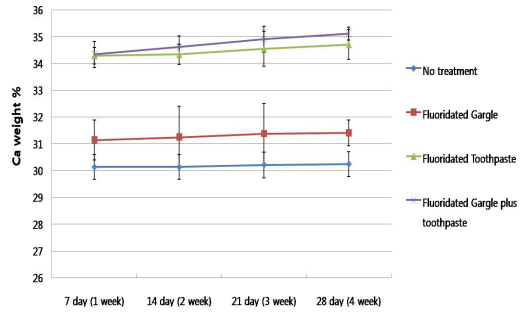


Figure 2. The calcium (Ca) change of enamel in the all groups by EPMA analysis

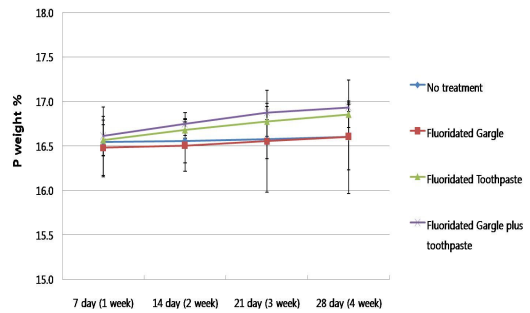


Figure 3. The phosphorous (P) change of enamel in the all groups by EPMA analysis

Table 3. The content of Ca of enamel specimens in the all group by EPMA analysis

| Treatment period | N | Ca weight % (Mean±S.D) | | | | p-value |
|------------------|----|------------------------|--------------------|------------------------|---------------------------------|---------|
| | | Control (No treatment) | Fluoridated Gargle | Fluoridated Toothpaste | Fluoridated Gargle + Toothpaste | |
| 7 day (1 week) | 24 | 30.14 ±0.46a | 31.15 ±0.74a | 34.30 ±0.31b | 34.35 ±0.49b | 0.000* |
| 14 day (2 week) | 24 | 30.14 ±0.46a | 31.26 ±1.16a | 34.35 ±0.74b | 34.63 ±0.40b | 0.000* |
| 21 day (3 week) | 24 | 30.22 ±0.48a | 31.39 ±1.14a | 34.55 ±0.66b | 34.91 ±0.48b | 0.000* |
| 28 day (4 week) | 24 | 30.26 ±0.47a | 31.42 ±0.48a | 34.72 ±0.56b | 35.12 ±0.24b | 0.000* |

^{a,b}The same letter indicates no significant difference by one-way ANOVA and Tukey's tests at α =0.05.

Table 4. The content of P of enamel specimens in the all group by EPMA analysis

| Treatment period | N | P weight % (Mean±S.D) | | | | p-value |
|------------------|----|------------------------|--------------------|------------------------|---------------------------------|---------|
| | | Control (No treatment) | Fluoridated Gargle | Fluoridated Toothpaste | Fluoridated Gargle + Toothpaste | |
| 7 da (1 week) | 24 | 16.55 ±0.39 | 16.48 ±0.31 | 16.57 ±0.17 | 16.61 ±0.22 | 0.942 |
| 14 day (2 week) | 24 | 16.56 ±0.25 | 16.51 ±0.29 | 16.68 ±0.09 | 16.75 ±0.13 | 0.656 |
| 21 day (3 week) | 24 | 16.58 ±0.22 | 16.56 ±0.57 | 16.78 ±0.17 | 16.88 ±0.10 | 0.764 |
| 28 day (4 week) | 24 | 16.60 ±0.37 | 16.61 ±0.64 | 16.86 ±0.15 | 16.94 ±0.05 | 0.806 |

p-Value indicates the group effect by repeated measures ANOVA

IV. 총괄 및 고안

초기 치아우식증은 수복시술 없이도 불소로 인해 재광화 효과가 있으며 불소의 종류 중 불화나트륨은 안정성이 높아 오래 전부터 사용되어 왔고 1960년 미국치과의사협회(ADA)에 의해 인정받아 현재까지 시판되는 구강위생제제의 성분으로 널리 사용되고 있다[15]. 따라서, 본 연구에서는 불화나트륨을 함유한 불소치약과 불소양치용액을 4주간 적용하여 치아의 재광화 효과를 비교하였다.

불소의 치아 재광화 효과는 표면미세경도(VHN)를 통하여 4주간 측정하여 경도변화에 차이가 있는지 분석하였다. 미세경도측정은 광물의 소실과 획득의 간접적인 증거를 제공하며 재석회화 효과를 정확하고 간단히 측정하는 방법으로 인식되고 있는 측정방법이다[16]. 본 연구 결과는 [Table 2]에서와 같이 불소양치용액과 불소치약을 처리시 표면경도 변화량이 증가하였다. 불화나트륨이 함유된 불소양치용액과 불소치약을 1-2주 처리하였을 때 대조군과 불소양치용액간의 유의한 차이는 없었으나, 3주 후에는 각 그룹 간의 유의한 차이를 보였다($p < 0.05$). 불소양치용액과 불소치약을 병용한 그룹은 대조군과 비교하여 4주간 유의한 차이를 보였으며, 표면 미세경도 수치가 가장 높게 나타났다. 이는 표면경도가 증가할수록 높은 재광화 효과를 의미

하며, 불소농도가 우식저항에 어떤 영향을 미치지 않고 빈도가 가장 큰 요소로 생각되므로 저농도지만 효과적인 수준으로 자주, 오랫동안 공급하는 것이 바람직하다고 한 Koulourides[17]의 보고와도 일치한다.

이와 관련한 선행 논문을 살펴보면, Lee 등[18], Hong 등[19], Wefel 등[20]은 저농도로 자주 도포하는 것을 추천했으며, Corpron 등[21]은 3일동안 0.24% 불화소다치약으로 하루에 4회 잇솔질, 0.02% 산성불화인산염으로 하루에 4회 양치질을 한 결과 불소제제에 노출되지 않은 군에 비해 내산성실험 후 표면미세경도가 현저히 높아졌다고 보고하였다.

하지만, 본 연구에서는 4주간의 적용으로 3주 후부터 유의한 차이를 보였으며, 이는 저농도의 불소는 반복 적용을 통해 더 높은 재석회화가 예측 가능하여 향후 더 장기간의 연구가 필요하다고 사료된다.

치아 내에 다량의 무기질을 포함하고 있는 법랑질의 주요 구성성분은 칼슘과 인으로 이는 석회화(calcification) 또는 무기화(mineralization)라 불리는 침착과정을 통해 인회석(apatite)을 형성하여 치아의 구조를 이루고 있으므로[22], 성분의 차이를 알아보고자 전자현미분석기(EPMA)를 통하여 파악하였다. 본 연구결과, 법랑질 표면의 Ca 변화는 불화나트륨이 함유된 불소치약만 적용한 그룹과 불소양치용액과 불소치약을 병용한 그룹에서 높게 나타났으며, 이는 재광화에 있어서 효과적이었다. 반면, P의 수치는 불화나트륨이 함유된 불소치약만 적용한 그룹과 불소양치용액과 불소치약을 병용한 그룹에서 약간 상승하였으나, 통계적인 차이를 보이지 않았다. 따라서, 0.23% 불화나트륨이 함유된 불소치약만 적용한 그룹과 불소양치용액과 불소치약을 병용한 불소제제를 처리한 경우에는 칼슘의 수치가 증가함은 불화칼슘에 의한 법랑질 표면의 재광화 상태를 의미하며 이는 표면경도의 증가에 영향을 미쳤을 것으로 생각된다.

White[23]는 칼슘의 수치증가와 표면미세경도의의 증가는 재석회화가 증가되었음을 의미하고, Feagin 등[24]은 표면의 광물함량과 미세경도가 비례관계에 있다고 밝혔다. 또한, 불소가 포함된 치약 사용 후 구강 세척 시 치아우식증 감소의 효과가 보고된바 있다[25]. 이러한 재석회화과정은 불소양치용액과 불소치약등의 불

소제제를 적용함으로써 향상시켜 초기우식을 조절 할 수 있다. 본 연구에서 사용된 불소양치용액과 불소치약 등에 함유된 불소를 치아에 적용 시 재석회화를 촉진한다는 결과는 Featherstone 등[26], Gelhard 등[27]의 연구결과와도 부분일치하고 있다.

그러므로, 시중에 판매하는 불소제제 중 저농도의 불소가 함유되어 있고 일상생활에서 흔하게 접할 수 있는 불소양치용액과 불소치약을 4주간의 반복 적용을 통하여 법랑질의 재석회화를 증가시켜 치질의 강도를 높임을 증명하였다. 따라서 효과와 기전에 대한 장기간의 포괄적이고 심층적인 연구가 진행되어야 하겠다.

IV. 결론

본 연구에서는 법랑질의 재광화 효과를 알아보고자 불화나트륨이 0.23% 함유된 불소치약, 0.02% 불화나트륨이 함유된 불소양치용액 그리고 0.23% 불화나트륨 함유된 불소치약 적용 후 0.02% 불화나트륨이 함유된 불소양치용액을 함께 4주 동안 처리한 법랑질 시편의 표면경도와 치아의 주요 성분의 변화 유무를 통해 치질의 재광화를 표면경도계를 이용하여 법랑질 표면강도를 분석하였고, 전자현미분석기를 이용하여 치아 내의 무기조직인 법랑질의 화학적 조성을 분석하여 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 법랑질 시편의 표면미세경도(VHN)를 측정하기 위하여 1주 간격으로 4주간 변화를 측정한 결과, 처리기간별로 모든 그룹에서 통계적으로 유의한 차이를 보였다($p < 0.05$).
2. 불화나트륨이 함유된 불소양치용액과 불소치약을 1-2주 처리하였을 때 대조군과 불소양치용액간의 유의한 차이는 없었으나, 불화나트륨이 함유된 불소치약만 적용한 그룹과 불소양치용액과 불소치약을 병용한 그룹에서는 3주 후부터 그룹 간의 뚜렷하게 유의한 차이를 보였다($p < 0.05$).
3. 불소양치용액과 불소치약을 병용한 그룹에서 가장 큰 수치의 표면증가를 보였으며, 이는 모든 그룹 중 가장 높은 법랑질의 재광화 효과를 나타낸다.

4. 치아를 주로 이루고 있는 Ca, P의 정량적인 성분분석을 전자현미분석을 이용하여 시행한 결과는 Ca 수치의 변화는 대조군과 비교하여 0.02% 불화나트륨이 함유된 불소양치용액을 4주간 처리하였을 때에는 유의한 차이는 없었으나($p > 0.05$), 0.23% 불화나트륨이 함유된 불소치약만 적용한 그룹과 불소양치용액과 불소치약을 병용한 그룹에서는 유의한 차이를 보였다($p < 0.05$).
5. P 수치 변화는 모든 그룹에서 통계적으로 유의한 차이를 보이지 않았다($p > 0.05$).
6. 불소치약만 적용한 그룹과 불소양치용액과 불소치약을 병용한 그룹에서는 불소양치용액만 적용한 그룹보다 칼슘의 농도수치가 높게 나타났으므로 치질의 재광화 효과가 우수하였다.

이상의 결과를 통하여, 저농도의 불소가 함유되어 있는 불소양치용액과 불소치약을 4주간의 반복 적용을 통하여 법랑질의 재광화를 증가시켜 치질의 강도를 높임을 증명하였다. 본 연구에서 모든 그룹 중 불소양치용액과 불소치약을 병용한 불소제제를 처리한 경우에 칼슘의 수치가 증가와 뚜렷한 표면경도의 증가를 보였음을 확인하였으며, 이는 가장 재광화 효과가 있는 것으로 판단된다. 더 나아가 치아우식예방을 흔히 접할 수 있는 불소양치용액과 불소치약등으로 보다 쉽게 일상생활에서 적용할 수 있는 방법으로 사료된다.

참고 문헌

- [1] L. Gorelick, A. M. Geiger, and A. J. Gwinnett, "Incidence of white spot formation after bonding and banding, Am J Orthod, Vol.81, No.2, pp.93-98, 1982.
- [2] T. Attin, W. Buchalla, M. Gollner, and E. Hellwig, "Use of variable remineralization periods to improve the abrasion resistance of previously eroded enamel," Caries Res, Vol.34, No.1, pp.48-52, 2000.
- [3] A. Lussi, T. Jaeggi, and S. Jaeggi-Schärer,

- "Prediction of the erosive potential of some beverages," *Caries Res*, Vol.29, No.5, pp.349-54, 1995.
- [4] J. M. Ten Cate, and T. Imfeld, "Dental erosion, summary," *Eur J Oral Sci*, Vol.104, No.2, pp.241-244, 1996.
- [5] T. Imfeld, "Nutrition and dental caries. Non-cariogenic between-meal snacks and sweets: a marketplace for small and average-size businesses in the food industry," *Swiss Dent*, Vol.4, No.9, pp.6-10, 1983.
- [6] A. Lussi and M. Schaffner, "Progression of and risk factors for dental erosion and wedge-shaped defects over a 6-year period," *Caries Res*, Vol.34, No.2, pp.182-187, 2000.
- [7] E. Linkosalo and H. Markkanen, "Dental erosion in relation to lactovegetarian diet," *Scand J Dent Res*, Vol.93, No.5, pp.436-441, 1985.
- [8] D. T. Zero, "Etiology of dental erosion-extrinsic factors," *Eur J Oral Sci*, Vol.104, pp.162-177, 1996.
- [9] A. Thystrup and O. Fejerskov, *Textbook of clinical cariology, 2nd ed. Copenhagen: Munksgaard*, pp.111-158, 1994.
- [10] K. F. McKay, The study of mottled enamel (dental fluorosis), *J Am Dent Assoc*, Vol.44, No.2, pp.133-137, 1952.
- [11] D. W. Bartlett, B. G. Smith, R. F. Wilson, Comparison of the effect of fluoride and non-fluoride toothpaste on tooth wear in vitro and the influence of enamel fluoride concentration and hardness of enamel. *Br Dent J*, Vol.176, No.9, pp.346-348, 1994.
- [12] 이영은, 백혜진, 정성화, 김중화, 김혜영, 최연희, 송근배. 시판 불소도포제제들의 범랑질 내산성 증진효과, *대한구강보건학회지*, 제33권, 제1호, pp.19-29, 2009.
- [13] J. B. Ammari, Z. H. Baqain, P. F. Ashley, Effects of programs for prevention of early childhood caries, A systematic review, *Med Princ Pract*, Vol.16, No.6, pp.437-442, 2007.
- [14] H. Yamazaki and H. C. Margolis, Enhanced enamel remineralization under acidic conditions in vitro, *J Dent Res*, Vol.87, No.6, pp.569-574, 2008.
- [15] S. Joyston-Bechal, R. Duckworth, and M. Braden, Diffusion of radioactive ions into human dental enamel, *Arch oral Biol*, Vol.16, No.4, pp.375-384, 1971.
- [16] D. J. White, W. C. Chen, G. H. Nancollas, Kinetic and physical aspects of enamel remineralization—a constant composition study, *Caries Res*, Vol.22, No.1, pp.11-19, 1988.
- [17] T. Koulourides, Summary of session II: fluoride and the caries process, *J Dent Res*, Vol.69, special issue, p.558, 1990.
- [18] Y. E. Lee, H. J. Baek, Y. H. Choi, S. H. Jeong, Y. D. Park, and K. B. Song, Comparison of remineralization effect of three topical fluoride regimens on enamel initial carious lesions, *J Dent*, Vol.38, No.2, pp.166-171, 2010.
- [19] S. J. Hong, S. S. Jeong, and K. B. Song, Effects of sanguinaria in fluoride-containing dentifrices on the remineralisation of subsurface carious lesion in vitro, *Int Dent J*, Vol.55, No.3, pp.128-132, 2005.
- [20] J. S. Wefel, Effects of fluoride on caries development and progression using intra-oral models, *J Dent Res*, Vol.69, pp.626-633, 1990.
- [21] R. E. Corpron, F. G. More, J. W. Clark, D. Korytnicki, and C. J. Kowalski, In vivo remineralization of artificial enamel lesions by a fluoride dentifrice or mouthrinse, *Caries Res*, Vol.20, No.1, pp.48-55, 1986.
- [22] 김은경, 전태훈, 김창연, 남승원, 송 경, 이상길, 김윤중, 생쥐 치아의 화학적 조성, 미세구조 및

Hydroxyapatite구조 분석, 전자현미경학회지, 제 40권, 제3호, pp.147-54, 2010.

- [23] D. J. White, Reactivity of fluoride dentifrices with artificial caries, Caries Res, Vol.22, No.2, pp.27-36, 1988.
- [24] F. Feagin, T. Koulourides, and W. Pigman, The characterization of enamel surface demineralization, remineralization, and associated hardness changes in human and bovine material, Archs Oral Biol, Vol.14, No.12, pp.1407-1417, 1969.
- [25] M. Addy, Etiology and clinical implications of dentine hypersensitivity, Dent Clin North Am, Vol.34, No.3, pp.503-514, 1990.
- [26] J. D. Featherstone, T. W. Cutress, B. E. Rodgers, and P. J. Dennison, Remineralization of artificial caries-like lesions in vivo by a self-administered mouthrinse or paste, Caries Res, Vol.16, No.3, pp.235-242, 1982.
- [27] T. B. Gelhard, J. M. ten Cate, and J. Arends, Rehardening of artificial enamel lesions in vivo, Caries Res, Vol.13, No.2, pp.80-83, 1979.

남 설 희(Seoul-Hee Nam)

정회원



- 2011년 2월 : 부산대학교 치의학 석사졸업
- 2013년 2월 : 부산대학교 치의학 박사수료

<관심분야> : 구강해부 및 조직학, 세포생물학

정 미 애(Mi-Ae Jeong)

종신회원



- 2008년 2월 : 한양대학교 보건학과 박사
- 1998년 3월 ~ 2009년 2월 : 동우대학 부교수 역임
- 2010년 3월 ~ 현재 : 강원대학교 치위생학과 교수

<관심분야> : 구강보건교육연구, 치과생체조직 임상학

저 자 소 개

김 혜 영(Hye-Young Kim)

정회원



- 2006년 2월 : 전남대학교 치과대학(치의학박사)
- 2002년 3월 ~ 2009년 2월 : 마산대학 치위생과 교수
- 2009년 3월 ~ 2012년 4월 : 동의대학교 치위생학과 교수

<관심분야> : 구강보건예방분야, 두경부해부학, 조직 발생