

불소를 포함시킨 가철성 교정장치용 Resin의 불소 방출과 굴곡강도에 관한 연구

서울대학교 치과대학 소아치과학교실

장기택 · 이상훈 · 김종철 · 한세현 · 손동수

Abstract

A STUDY ON THE FLUORIDE RELEASING AND FLEXURAL STRENGTH OF ACRYLIC RESIN BLENDED WITH FLUORIDE

Ki-Taeg Jang, Sang-Hoon Lee, Chong-Chul Kim,
Se-Hyun Hahn, Dong-Soo Shon

Dept. of Pediatric Dentistry, College of Dentistry, Seoul National University

For the purpose of investigating the continuous fluoride releasing from acrylic resin using removable appliances by incorporating fluoride into polymethylmethacrylate during the construction of the appliances, two kinds of fluoride were blended with acrylic powder and divided into five groups as follows.

Group 1 : no fluoride (control)

Group 2 : NaF 5 wt %

Group 3 : NaF 10 wt %

Group 4 : CaF₂ 5 wt %

Group 5 : CaF₂ 10 wt %

Resin specimens were tested *in vitro* for fluoride release with fluoride electrode and flexural strength with Instron.

The results were as follows :

1. After 24 hrs, released fluoride concentration (ppm) was the most in group 3 (126.5 ± 14.15) then, next, group 2 (49.5 ± 4.92), group 5 (2.67 ± 1.08), group 4 (0.81 ± 0.30), group 1 (0.03 ± 0.01) in order, but after 28 days, group 3 (3.37 ± 0.31), group 5 (1.25 ± 0.25), group 4 (0.74 ± 0.19), group 2 (0.68 ± 0.07), group 1 (0.03 ± 0.01).
2. Fluoride releasing of NaF groups were faster and more amount than CaF₂ groups initially but decreased significantly, later.

* 본 研究의 일부는 1996年度 서울대학병원 臨床研究費 支授에 의해 이루어진것임.

3. Flexural strength(kg/cm²) was the biggest in group 1(602.90± 69.32), and then group 4(568.98± 20.16), group 5(556.19± 5.26), group 2(536.12± 30.35), group 3(508.44± 26.16) in order, the differences between control group and NaF groups were statistically significant(p<0.05).

I. 서 론

불소가 치아우식증을 예방할 수 있다는 사실이 확인된 후, 여러 학자에 의해 수많은 연구가 있어 왔다. 불소가 항우식 효과를 나타내는 정확한 작용 기전에 대해서는 논란이 있지만 다음과 같은 이론들이 알려져 있다¹⁾. 첫째로 불소가 치아형성기의 법랑질 구조에 흡수되어 불화인회석을 형성, 치질의 내산성을 증가시키며, 둘째로는 법랑질 표면의 탄산염과 치환되어 불화칼슘이나 불화마그네슘의 층양막을 형성하여 항우식 효과를 나타내고, 셋째로 탈회된 치질의 재석회화 과정을 촉진시킨다. 이외에도 불소의 항균효과와 소와열구를 낮게하는 치아형태 개선효과 등이 보고되어 있다²⁾. 불소의 이러한 효과때문에 적정량의 불소를 섭취하는 것이 권장되고 우리나라와 같이 대부분의 국민이 적절한 양의 불소를 자연적으로 공급받지 못하는 경우 불소의 보조적인 사용이 추천된다³⁾.

부정교합으로 교정치료가 요구되는 환자는 불규칙한 치아배열로 인해 치태의 잔류가 증가하게 되며 교정장치의 삽입으로 더욱 치아우식증 발생율이 높아진다⁴⁻⁷⁾. 교정장치나 보격, 보정장치를 사용하는 환자가 치아의 탈회, 치아우식증 발생 및 치주질환의 발생의 빈도가 높은 이유는 교정장치로 인해 구강의 자정작용이 감소되며 치태침착을 효과적으로 제거하기 어렵기 때문이다. 특히 가철성 교정장치를 장착한 환자는 장치와 치아 사이에 치태의 잔류가 증가하게 되고 구강내 타액분비와 흐름이 변화하여 자정효과를 기대하기 어렵다. 이러한 교정장치를 착용하는 환자에게는 구강위생 교육을 철저히 할 것은 물론 불소보조제의 사용

이나 불소양치, 불소국소도포 등이 각별히 요구되나⁸⁾ 이는 환자의 협조도가 관건이며 술자의 세심한 주의 및 추가비용을 부담시키게 될뿐만 아니라 양⁹⁾은 단기간의 불화물의 사용은 가철성 교정장치 장착 환자에서 별다른 효과를 기대할수 없다고 보고하였다. 이에 Cooley와 McCourt^{10,11)}는 불소를 방출하는 Glass Ionomer를 가철성 교정 장치에 삽입할 경우 교정 치료를 받는 환자의 치아 우식증을 예방할 수 있다고 하였으며, Corpron등¹²⁾은 가철성 교정장치에 불소를 유리하는 Copolymer, 소위 불소방출장치(Fluoride-releasing device)를 부착하고 법랑질 절편을 심어서 구강내에서 행한 실험에서 이들 법랑질내 불소의 농도 및 산 저항성, 미세경도가 증가한 것을 보고하였다. 그러므로 장치를 제작할 때 불소를 포함시키는 것이 환자의 협조와 관계없이 장기간 불소를 공급하는 하나의 방법이 될 수 있으며 불소의 항균효과나 재석회화 작용으로 전술한 가철성 교정장치의 부작용을 감소시킬 수 있으리라 생각되며, Miethke등¹³⁾은 레진 monomer에 일정양의 불화물을 섞어서 중합하면 구강내에서 지속적인 불소의 유리로 항우식효과를 발휘할 수 있다고 보고하였다. 그러나 레진에 불소를 넣어 중합하면 불소가 레진의 강도에 영향을 미칠 것으로 생각되고 불소의 지속적인 유리와 그 정확한 양에 대한 연구는 거의 없는 편이다. 이에 저자는 가철성 교정장치용 레진에 수종의 불화물을 섞고 중합시킨 후 불소의 유리량과 레진의 굴곡강도를 측정하여 실제 임상에 응용할 수 있는 기본적인 지견을 얻었기에 보고하는 바이다.

II. 연구재료 및 방법

연구재료

레진은 자가중합형인 Orthodontic resin (Caulk, U.S.A.)을 사용하였고 불소는 NaF, CaF₂를 사용하였다.

연구방법

(1) Resin monomer에 2종의 불화물을 다음과 같이 섞어서 5군으로 나누었다.

- 1군 : no fluoride (control)
- 2군 : NaF 5 wt %
- 3군 : NaF 10 wt %
- 4군 : CaF₂ 5 wt %
- 5군 : CaF₂ 10 wt %

(2) 시편 제작

5×5×30(mm)의 직육면체 mold를 이용하여, 레진 monomer 12cc에 liquid 5cc의 비율로 섞어 각 군당 10개씩의 시편을 제작하였다.

(3) 불소 유리량 측정

증류수 6ml가 담긴 plastic시험관에 시편을 넣고 밀봉한 후 37°C 항온수조에 보관하였다. 매 24시간마다 불소의 유리량을 측정하고 증류수를 새로 갈아넣었다. 처음 1주일간은 매일 측정하고 그 후부터는 1주일 간격으로 4주까지 측정하였다. 시편이 담긴 시험관에서 채취한 용액 5ml와 TISAB II (Total Ionic Strength Adjusting Buffer, 940909, Orion Reserch)를 동량 섞고 탄산성분을 없애기 위해 15분간 교반한 후¹⁴⁾ ph/Ion/Conductivity Meter (Model 50, Fisher Scientific)에 불소이온전극을 연결하고 표준용액으로 calibration하여 불소의 농도를 측정하였다.

(4) 굴곡강도 측정

불소 유리량 측정 실험이 끝난 시편을 만능 시험기(Instron Universal Testing Instrument, Model 1122, England)에서 3점 굽힘 시험법

으로 측정하였으며 500kg의 load cell을 0.5cm/min의 cross head speed로 하중을 가하면서 시편이 파괴될 때까지의 하중값(F)을 측정하였다. 굴곡강도(δm)는 아래 식으로 산출하였고 각 실험 군마다 10개씩 측정하여 평균값을 구하였다.

$$\text{Flexural strength } (\delta m) = \frac{3 \times F \times L}{2 \times b \times d^2}$$

F = Maximal load before fracture

L = Distance between the support

b = Width of specimen

d = Depth of thickness of the specimen

(5) 통계처리

측정된 각 군의 불소 유리량과 굴곡강도의 결과를 평균과 표준편차, 그리고 유의차를 밝히기 위해 ANOVA test로 통계 처리하였다.

III. 연구성적

1. 유리된 불소 농도

각 군의 시간경과에 따른 불소 유리량은 Table 1과 같다. 시편이 담긴 증류수를 매 24시간마다 새로 갈아넣었으므로 유리된 불소의 농도는 24시간동안 방출된 양을 나타낸다. 처음 4일간의 경우 각 군의 불소 방출농도는 3군, 2군, 5군, 4군, 1군의 순이었고 각군의 농도는 유의성이 있는 차이가 있었다($p < 0.05$). 2군은 처음 4일간은 5군보다 높았으나 그 이후에는 5군보다 낮은 농도를 보였으며 14일 이후에는 4군과의 유의한 차이가 없었다($p < 0.05$). NaF를 섞은 2군과 3군의 경우 처음 며칠간은 매우 많은 양의 불소이온의 방출을 보였으나 시간이 흐를수록 급격한 감소를 보였다. CaF₂를 섞은 4군과 5군의 경우 상대적으로 적은 양이나 급격한 감소 없이 지속적인 불소이온의 유리를 보였다(Fig. 1).

Table 1. Fluoride concentration(ppm) of each groups according to various time intervals

	1 군	2 군	3 군	4 군	5 군
1일	0.03± 0.01	49.50± 4.92	126.50± 14.15	0.81± 0.30	2.67± 1.08
2일	0.04± 0.01	9.14± 0.48	20.55± 19.99	1.99± 0.68	2.81± 0.71
3일	0.03± 0.02	4.23± 0.72	13.00± 1.39	1.28± 0.49	2.38± 0.58
4일	0.02± 0.05	2.55± 0.94	8.86± 0.65	1.78± 0.39	2.40± 0.60
5일	0.04± 0.01	2.31± 0.31	7.88± 1.09	1.73± 0.30	2.54± 0.56
6일	0.03± 0.01	1.58± 0.20	6.55± 0.55	0.93± 0.50	2.38± 0.40
7일	0.04± 0.02	1.44± 0.12	5.30± 0.30	0.93± 0.50	2.21± 0.45
14일	0.04± 0.01	0.80± 0.12	3.63± 0.19	0.72± 0.27	1.32± 0.23
21일	0.04± 0.01	0.84± 0.12	3.92± 0.45	0.69± 0.08	1.38± 0.27
28일	0.03± 0.01	0.68± 0.07	3.37± 0.31	0.74± 0.19	1.25± 0.25

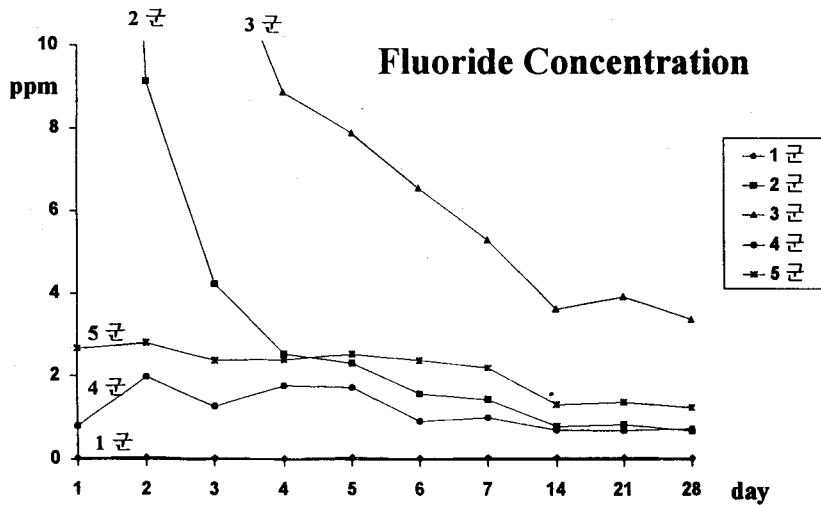


Fig. 1. Fluoride concentration(ppm) of each groups according to various time intervals

2. 굴곡 강도

각 군의 굴곡강도는 control인 1군에 비해 불소를 섞은 2, 3, 4, 5군이 모두 다소의 감소를 나타내었으며 힘의 크기는 1군, 4군, 5군, 2군, 3군의 순으로 나타났다. 2군과 3군은 1군에 비해, 3군은 4군에 대해서 통계적으로 유의한 차이를 보였으나 4군과 5군은 1군과 비교해서 통계적으로 유의한 차이를 보이지 않았다(Table 2, 3).

Table 2. Flexural strength (kg/cm²) of each groups

Group	Flexural strength
1 군	602.90 ± 69.32
2 군	536.12 ± 30.35
3 군	508.44 ± 26.91
4 군	568.98 ± 20.16
5 군	556.19 ± 5.26

Table 3. Statistical analysis of data in table 2

	1군	2군	3군	4군	5군
1군					
2군	*				
3군	*				
4군			*		
5군					

* : statistically significant difference($p < 0.05$)

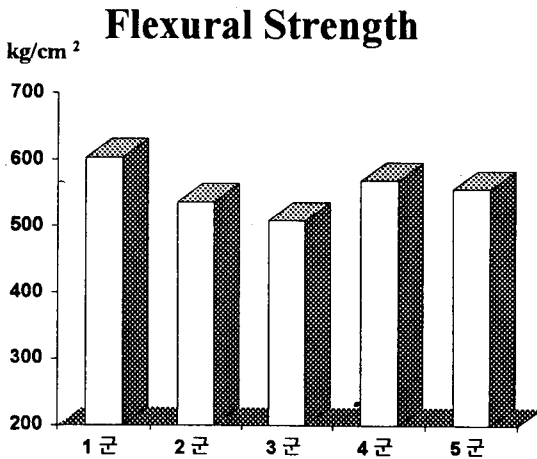


Fig. 2. Flexural strength (kg/cm²) of each groups

IV. 총괄 및 고안

교정치료를 받는 아동의 큰 부작용 중의 하나는 치태의 축적과 이로 인한 우식증 발생 및 치주질환의 증가이다.

치아 우식증은 병원체, 숙주, 식이 등 세 요소에 의해 발생하는데 병발원인으로는 구강내 세균에 의한 산 생성으로 발생하는 것으로 알려져 있다. Balenseifen과 Madonia¹⁵⁾, Scheie 등⁶⁾, Lundström과 Krasse⁴⁻⁵⁾ 등은 고정성 교정장치 장착후 우식 유발균인 *S. mutans*가 증가함을 보고하였고 양⁹⁾은 가철성 교정장치 장착후 세균수가 증가함을 보고하였다.

교정치료 환자의 우식 발생을 억제하기 위해 많은 방법이 고안되었는데 크게 네 가지로 나눌 수 있다. 첫째, 구강위생교육으로 치태착색제

등으로 동기를 부여하고 올바른 잇솔질 방법을 교육한다. 특히 고정성장치 장착자는 교합면과 치은면으로 나누어 Modified Bass method를 사용하게 하며 치실과 치간치솔을 사용하게 한다. 또한 전동치솔을 이용할 수 있으며 전문가에 의한 prophylaxis를 시행한다. 둘째로는 식이 조절로써 식이 상담을 통해 당분이 많이 포함된 간식과 음식을 줄이게 한다. 셋째로는 기계적 방법으로서 치아우식증을 예방할 뿐아니라 초기우식병소가 진행되는 것도 막을 수 있는 치면열구 전색을 들 수 있다. 넷째로, 항우식 작용이 있는 불소와, 세균이 치아에 부착되는 것을 방지하고 세균의 세포막을 흡수해 세균의 증식을 억제하는 Chlorhexidine을 사용하는 것이다¹⁶⁾.

이중 불소를 사용할 경우 정기적으로 병원에 내원해서 술자에 의해 불소국소도포를 시술받거나 환자 스스로 불소액으로 양치를 하게 되는데 이 모두 환자의 상당한 협조가 필요하다. 이에 Cooley와 McCourt¹⁰⁾는 불소를 방출하는 Glass Ionomer를 가철성 교정 장치에 삽입할 경우 저농도의 불소가 8개월 이상 유리되어 교정치료를 받는 환자의 치아 우식증을 예방할 수 있다고 하였으며, Corpron등¹¹⁾은 가철성 교정장치에 하루에 0.4mg의 불소를 유리하는 Copolymer, 소위 불소방출장치(Fluoride-releasing device)를 부착하고 법랑질 절편을 심어서 구강 내에서 행한 실험에서 이들 법랑질내 불소의 농도 및 산 저항성, 미세경도가 증가함을 보고하였다. Miethke등¹²⁾은 불소를 레진에 섞어서 교정장치를 제작하면 우식예방에 큰 효과를 볼 수 있다고 하였다. 특히 이들 장치는 타액의 분비가 적은 밤에 계속 장착함으로써 항우식 효과는 더 크다고 할 수 있다.

GI와 같은 불소를 유리 하는 재료가 우식 부위의 재석회화를 촉진시키는데 이들 석회화가 가능한 적정농도에 대해서는 정확히 밝혀진 바가 없으며 Hosted-Bindslev¹⁷⁾는 구강내 존재하는 불소의 농도가 0.02-0.1ppm임을 고려할 때 0.3ppm이하의 매우 제한적 효과를 나타낸다고 하였다. Miethke등¹²⁾은 CaF₂를 10% 섞은 가철성 교정장치를 500ml 증류수에 넣고 불소유

리농도를 측정된 결과 6주후에도 10ppm 정도의 안정한 농도를 나타냈다고 보고하였다. 본 실험에서 CaF_2 5%인 경우 4주후에 0.74ppm, 10%인 경우 1.25ppm이었고 NaF를 섞은 경우 처음에는 많이 방출되다가 후에 급격히 감소함을 알 수 있었는데 NaF 5%인 경우 4주후 0.68ppm, 10%인 경우는 4주후 3.37ppm을 나타냈다. Miethke등이 보고한 농도보다 적게 나타나는 것은 본 실험에서 사용된 시편의 크기와 표면적이 일반적인 교정장치보다 훨씬 작기 때문일 것으로 사료된다.

저자의 조사에 의하면 상악에 사용하는 일반적인 가철성 교정장치의 레진 부위의 부피는 $3\text{-}4\text{cm}^3$ 로서 본 실험에 사용된 시편의 부피인 0.75cm^3 보다 4-5배 크며 표면적은 6-7배이다. 레진으로부터 방출되는 불소이온은 처음에는 표층으로부터 나오고 후에 깊은 층에서 유리되므로 본 실험에서 사용된 시편보다 부피가 크고 표면적이 넓으며 얇은 두께를 가진 상악 교정장치에서는 훨씬 많은 불소의 방출이 기대된다. Miethke등은 *in vivo* 실험에서 10% CaF_2 를 포함한 장치를 10개월간 장착한 환자의 타액에서 아주 낮은 농도의 불소가 검출되었지만 이는 환자의 계속적인 연하 작용으로 여겨지며 이후 중류수에 넣어서 불소농도를 조사한 결과 처음 1주는 8ppm, 이후에는 5ppm으로 낮아졌지만 계속적인 불소의 유리를 알 수 있었으며 구강 내에서 장치와 치아사이의 타액 내에서는 불소 농도가 더 높게 나타난다고 하였다.

불소 농도를 측정하는 여러 가지 방법 중에서 ¹⁸⁾ 불소이온전극을 사용하는 것이 최근에 널리 사용되고 있다¹⁹⁻²⁰⁾. 비록 불소 이온전극이 Hydroxide 이온 이외에는 직접적인 간섭이 없기는 하지만, 농도차체에 반응하는 것이 아니라 활동도에 대해 반응하기 때문에 전체적인 이온의 세기를 맞추고 용액 내에 존재하는 것보다 많은 양의 이온을 더해줌으로써 Hydroxide 이온의 간섭을 피할 수 있는 범위로 용액을 완충시켜 주며, Fe^{3+} 나 Al^{3+} 와 결합되어 있을지도 모르는 불소를 유리시키기 위해 TISAB을 첨가한다²¹⁾. 본 연구에서는 Orion의 96-09 불소이온 전극을 사용하였으며 TISAB II를 동량 첨가하여 측정

한 용액의 불소의 농도는 1군의 0.02ppm부터 3군의 126.5ppm까지 측정되었다.

교정장치 레진의 주성분인 polymethylmethacrylate에 포함되는 불소가 레진의 강도에 영향을 주는가에 대해서는 Miethke는 불소를 포함한 아크릴릭 레진의 stress resistance가 정상범위에 있어 임상적 사용에 문제가 없다고 하였으며 본 연구에서도 4주간의 불소 방출후 Instron으로 굴곡 강도를 측정된 결과 1군에 비해 NaF를 첨가한 2군, 3군은 약간의 감소를 나타냈으나 CaF_2 를 첨가한 3군, 4군은 굴곡 강도의 차이가 대조군인 1군과 유의한 차이를 보이지 않았다. 이는 불소를 포함하는 자체는 레진 중합반응에 큰 영향을 미치지 않는나 계속적인 불소 방출로 인해 레진 내의 미세한 동공의 생성으로, 보다 많은 양의 불소 방출을 보인 2, 3군이 굴곡강도가 많이 감소된 것으로 사료되며 적은 양을 지속적으로 방출하는 CaF_2 군의 경우 강도의 변화가 적어 임상적으로 사용하는 것은 큰 문제가 없을 것으로 생각된다.

불소의 항우식작용과 더불어 불소의 부작용도 고려해야하는데 저 용량의 급성 중독 증상은 오심, 구토, 타액분비항진, 복통, 설사 등이며 고용량에서는 경련, 부정맥, 혼수상태로 심한 경우 사망에 이를 수도 있다²²⁾. 만성 불소중독의 경우 5세이전에 2-10ppm을 수년간 복용하면 반상치가 발생하며, 13-53ppm을 8년 이상 복용시 골 경화증과 위장장애, 반상치가 발생한다²³⁾. 반상치는 맹출전 과량의 불소가 발육중인 치아에 영향을 미쳐서 표층과 표층 하에 영구적인 저광화상태를 유발한 것이다²⁴⁾. 이러한 반상치의 증가는 특히 상수도수 불화 지역에서의 부적절한 불소 보조제의 사용²⁵⁻²⁷⁾과 관련이 있으므로 치과 의사의 세심한 주의가 필요하다고 하겠다.

우리 나라는 대부분의 국민이 상수도수 불화의 혜택을 못 받고 있으며 불소 농도가 높은 자연환경도 거의 없으므로 이와 같은 불소가 첨가된 교정장치에서 유리되는 정도의 불소량은 큰 문제가 없다고 보지만 불소유리 및 굴곡강도의 측정의 결과로부터 가철성 교정장치에 첨가하는 불화물은 NaF보다 CaF_2 가 더적합할

것으로 여겨진다. NaF의 경우 불소의 유리가 24시간에서 48시간 동안 가장 많이 방출 되고 그후 현저히 감소되는 burst effect를 보였는데 이는 치과재료로부터 불소의 유리를 측정할 수 많은 다른 실험과 같은 양상을 보였다^{10, 11, 28-31)}. CaF₂를 첨가한 군은 NaF 군보다 균일하고 지속적인 양상을 보였으며 굴곡강도도 정상과 큰 차이가 없으므로 임상적 사용에는 CaF₂가 추천할 만 하며 이는 Miethke의 보고와도 부합된다.

이러한 불소 방출 교정장치는 유리되는 불소가 미량으로, 전체적인 투여 효과보다는 국소적인 효과가 기대되고 특히 장치와 치아 사이의 자정 작용이 불가능해서 우식 발생이 염려되는 부위의 치아표면에 대한 불소의 국소도포효과가 예상되며 임상적으로 널리 사용하기 위해서는 보다 많은 실험과 연구가 선행되어야 할 것으로 생각되는 바이다.

V. 결 론

가철성 교정 장치용 레진에 수종의 불화물을 첨가하여 중합시킨 시편에서 방출되는 불소 이온의 농도 및 시편의 굴곡 강도를 측정하여 다음과 같은 결과를 얻었다.

1. 24시간후 불소 유리농도(ppm)는 3군(126.5 ± 14.15), 2군(49.5 ± 4.92), 5군(2.67 ± 1.08), 4군(0.81 ± 0.30), 1군(0.03 ± 0.01)의 순이었고 4주후에는 3군(3.37 ± 0.31), 5군(1.25 ± 0.25), 4군(0.74 ± 0.19), 2군(0.68 ± 0.07), 1군(0.03 ± 0.01)의 순으로 나타났다.
2. 2군, 3군의 경우 처음에는 매우 높은 농도를 보이다가 시간이 흐를수록 급격한 감소를 보였으며 4군, 5군은 급격한 감소 없이 꾸준한 불소 방출을 나타냈다.
3. 굴곡 강도(kg/cm²)는 1군(602.90 ± 69.32), 4군(568.98 ± 20.16), 5군(556.19 ± 5.26), 2군(536.12 ± 30.35), 3군(508.44 ± 26.16)의 순으로 나타났으며 1군에 비해 2군, 3군은 통계적 유의성을 보였으나 4군, 5군은 유의차를 보이지 않았다(p < 0.05).

참 고 문 헌

1. Love, W. : Fluoride therapy in clinical practice. Dental clinic of North America, 28(3) : 611-629, 1984.
2. Aasenden, R. and Peebles, I.C. : Effects of fluorine supplementation from birth on human deciduous and permanent teeth. Archs. Oral Biol., 19 : 321-326, 1974.
3. Pinkham, J.R. : Pediatric Dentistry : Infancy through adolescence(2nd ed). W.B. Saunders Co., Philadelphia, 1994.
4. Lundström, F. and Krasse, B. : Streptococcus mutans and lactobacilli frequency in orthodontic patients : the effect of chlorhexidine treatments. European J Ortho., 9 : 109-116, 1987.
5. Lundström, F. and Krasse, B. : Caries incidence in orthodontic patients with high level of Streptococcus mutans. European J Ortho., 9 : 117-121, 1987.
6. Scheie, A.A., Arneberg, P. and Krogstad, O. : Effect of orthodontic treatment on prevalence of Streptococcus mutans in plaque and saliva. Scand. J.Dent. Res., 92 : 211-217, 1984.
7. Cobett, J.A., Brown, L.R., Keene, H.J. and Horton, I.M. : Comparison of Streptococcus mutans concentration in non-banded and banded orthodontic patients. J.Dent. Res., 60(12) : 1936-1942, 1981.
8. Schwaninger, B. and Vickers, N. : Developing an effective oral hygiene program for the orthodontic patients. Am.J.Ortho., 75 (4) : 447-454, 1979.
9. 양규호 : 가철성 교정장치 장착아동에서 치아우식세균에 대한 불화물과 chlorhexidine의 항균효과. 대한소아치과학회지, 20 (2) : 615-630, 1993.
10. Cooley, R.L and McCourt, J.W. : F release from light-cure fluoride containing material. J. Dent. Res. 69 : 366, 1990.

11. Cooley, R.L and McCourt, J.W. : F release from light-cured glass ionomer cement. : 8 month report. *Quint. inter.*, 21 : 41-45, 1990.
12. Corpron, R.E. and Clark, J.W. : Intraoral effects of fluoride releasing device on acid softend enamel. *J. Am. Den. Assoc.*, 113 : 383-386, 1986.
13. Miethke, Rainer-R. and Newesely, Heinrich : Continuous fluoride release from removable appliances. *J.C.O.*, 22 : 490-491, 1988.
14. Tate, W.H., Snyder, R., Montgomery, E.H. and Chan, J.T. : Impact of source of drinking water on fluoride supplementation. *J.Pediatr.*, 117(3) : 419-421, 1990.
15. Balenseifen, J.W. and Madonia, J.V. : Study of dental plaque in orthodontic patients. *J.Dent. Res.*, 49(2) : 320-324, 1970.
16. 김선미, 양규호 : 교정치료환자의 구강위생, *대한소아치과학회지*, 21(1) : 12-18, 1994.
17. Horsted-Bindslev, P : Release from light-cured lining mat. *J. Dent. Res.*, 99 : 86-88, 1991.
18. Lopez, H. and Navia, J.M. : A method to assay fluoride in foods, beverage, and diets. *Caries Res.*, 22 : 210-216, 1988.
19. Edelstein, B.L. etc : Comparison of colorimeter and electrode analysis of water fluoride. *Pediat. Dent.*, 14(1) : 47-49, 1992.
20. Weinberger, S.J., Johnston, D.W. and Wright, G.Z. : A comparison of two system for measuring water fluoride ion level. *Clin. Preve. Dent.*, 11(5) : 19-22, 1989.
21. Frant, M.S. and Ross, J.W. Jr. : Use of total ionic strength adjustment buffer for electrode determination of fluoride in water supplies. *Anal. Chem.*, 40(7) : 1169-1171, 1968.
22. Heifetz, S.B. and Horowitz, H.S. : The amounts of fluoride therapies : safty consideration for children. *J. Dent. Res.*, 52 : 257-269, 1984.
23. Fejerskov, O., Manji, F., and Baelum, V. : The nature and mechanism of dental fluorosis in man. *J. Dent. Res.*, 69(Sec. Iss.) : 692-700, 1990.
24. 김종배, 최유진 : 공중구강보건학 (1개정판), 서울 : 고문사, 156-187, 1993.
25. Nourjah, P., Horowitz, A.M., and Wagener, D.K. : Factors associated with the use of fluoride dentifrice by infants and toddlers. *J.Public health dent.*, 54(1) : 47-54, 1994.
26. Riordan, P.J. : Dental fluorosis, dental caries and fluoride exposure among 7-year-olds. *Cares Res.*, 27 : 71-77, 1993.
27. Naccache, H., Simard, P.L., Trahan, L., Demers, M., Lapointe, C., and Brodeur, J.M. : Variability in the ingestion of tooth paste by preschool children. *Caries Res.*, 24 : 359-363, 1990.
28. 임수산나, 김용기 : 수종의 치면열구 전색재의 불소 유리량 및 미세누출 양상과 전색재 탈락후 법랑질의 우식내성에 관한 비교 실험연구, *대한소아치과학회지*, 21(1) : 363-377, 1994.
29. Swartz, M.L. and Philips, R.W. : Long term F release from glass ionomer cement. *J. Dent. Res.*, 63 : 158-160, 1984.
30. Wilson, A.D. and Groffman, D.R. : The releas of fluoride and other chemical specise in glass ionomer cement. *Biomat.*, 6 : 431-433, 1985.
31. 김기원, 이종갑, 손홍규 : 수종의 치과재료에서 유리된 불소측정 및 인장강도에 관한 실험적 연구, *대한소아치과학회지*, 20(1) : 275-285, 1993.