

弗化物의 象牙質塗布效果에 關한 實驗的 研究

경희대학교 치과대학 보존학교실

전동문 · 민병순 · 최호영 · 박상진

— 목 차 —

- I. 서 론
- II. 연구재료 및 연구방법
 - 1. 연구재료
 - 2. 연구방법
- III. 연구결과
- IV. 총괄 및 고찰
- V. 결 론
- 참고문헌

I. 서 론

치근부 지각과민증은 1차적으로 치은퇴축때문에 발생하며, 보존치료영역에서 자주 접하게 되는 치과질환이다.⁶

노출치근면의 얇은 피복백아질이 기계적자극으로 상실되면 보호되지않은 상아질은 접촉, 화학 및 물리적자극등에 대하여 민감해지며 심한경우 동통까지 수반되는데 아직까지 이에 대한 정확한 발생기전과 적절한 치료방법이 미흡한 실정이다.^{5,46,60} Grossman(1935)¹⁷에 의하면 상아질지각과민 완화제의 이상적인 요건은 치수에 자극이 없고 시술이 간편하며 효과가 빠르고 지속적이어야 하며 치아변색을 일으키지 않아야 한다고 기술하였다.

치료의 합리적 근거는 지각전달을 차단하기 위한 방법으로서 glycerin, formaldehyde, phenol, silver nitrate, strontium chloride, potassium nitrate, cal-

cium hydroxide, decalcium acid phosphate, dental resin등이 도포제로서 사용되어 왔으며^{5,15,22,26}, 역시 치근부 지각과민완화제로서 불소함유치약이 Bolden 등(1968)³, Hazen등(1968)²³, Kanouse와 Ash(1969)²⁸, Shapiro등(1970)⁴⁵, Hernandez등(1972)²⁴, Sall(1974)⁴³, Zinner등(1977)⁶⁰에 의하여 연구되었고, 불화물의 국소도포방법이 Everett(1964)⁷, Murthy(1973)³⁷, Simon과 Hilborn(1977)⁵¹, Gangarosa 등(1978)¹¹ 및 Hals등(1981)²⁰에 의해 연구개발되어 왔다. Gordon과 Shannon(1970)¹⁴, Shannon과 Wightman(1970)⁴⁸, Shannon등(1976)⁴⁷, Gangarosa와 Park(1978)¹², Laufer등(1979)³⁰, Tveit(1980)⁵⁴ 등은 치근면에 불화물침착량을 증가시키는 방법을 연구하여 왔으며, 한편 충전물에 포함된 불소가 2차 우식증의 발생을 예방할 수 있다는 Norman등(1960)³⁸, Hals(1976)¹⁹, Halse와 Hals(1976)²¹, Tveit와 Hals(1978)⁵⁵등의 보고와 함께, Innes와 Youdelis(1966)²⁶, Jerman(1970)²⁸등은 은아말감합금에 stannous fluoride 혹은 calcium fluoride를 포함시켜 충전시키는 방법이 보고되었다.

Guysin(1965)¹⁸, Yamano(1968)⁵⁸, Wei와 Sierk(1971)⁵⁸등에 의하여 zinc phosphate cement에 sodium fluoride나 stannous fluoride를 포함시키는 방법, Soremark등(1969)³², Birkeland와 Tronstad(1976)², Nordbo와 Eriksen(1976)³⁸등에 의한 cavity varnishers와 liners에 calcium monofluorophosphate, potassium fluorozirconate, sodium fluoride 및 amine fluoride등을 첨가시키는 방법, Norman등(1960)³⁸, Norman등(1961)⁴⁰, Forsten등(1976)⁹, For-

sten(1976)⁸⁾, Greenland등(1974)¹⁶⁾ 등에 의한 composite resin과 silicophosphate cement 및 polycarboxylate cement에 불화물을 첨가시키는 방법이 연구된 바 있다.

물론 각종 충전제나 치과용 cement 및 각종 이장제에 불화물을 포함시켰을 때 2차우식증을 억제시킨다는 점에서 많은 연구들은 그동안 주로 법랑질과의 상호관련성에 집중되어 왔다. 그러나 와동형성시 상아질이 대부분 포함된다는 점에서 상아질에 대한 불화물의 영향을 조사하는것 역시 의의가 있음에도 불구하고 이에 관한 연구는 의외로 희소하였으며, 특히 국내에서의 이 분야에 관한 연구보고는 거의 발견할 수 없었다.

법랑질에 비하여 상아질은 유기물함량이 높아 불화물에 대한 반응효과를 분석함은 매우 어려운 일이다. 현재까지도 불화물이 상아질의 지각과민을 감소시키는 원인은 밝혀지지 않고 있으며, 다만 불화물에 의해 형성이 촉진된 석회화물질이 지각전달에 기계적 차단설이 생화학적 차단설과 함께 유력시되고 있다.^{6,50)}

저자는 불화물도포시 상아질에 형성되는 석회화물질 자체를 조사연구함은 의의있다고 생각되고, 상아질에 대한 불화물의 도포효과에 향후 많은 기초연구가 필요하다는 Wayne등(1983)⁵⁶⁾의 주장에 부응할 뿐만 아니라, 국내 보존치료영역에서 불화물 사용에 미력하나마 참고자료를 제공하고자 본 연구를 실시하였다.

II. 연구재료 및 방법

1. 연구재료

발거된 영구치 200개를 연구재료로 하였다. 치아는 발거직후 수세하여 이물질을 제거하였고, 실험전까지 70%의 Ethanol에 4℃에서 냉장보관하였다.

2. 연구방법

1) 주사전자현미경적 관찰

연구대상치아중 치경부가 노출된 대구치를 대상으로, 노출상아질표면에 대하여 각각 2% NaF 용액, 10% SnF₂ 용액 및 7.6% SMFP 용액을 20분

및 60분간 도포한 후 수세하여 건조하였다. 도포처리된 시험군과 대조군으로 사용된 노출상아질 표면 자체의 주사전자현미경상을 얻기 위하여 각 시료에 Au를 증착한 후, ISI-DS 130, Dual Stage, SEM-(Akashi Seisakusho Ltd, Japan)을 사용하여 25Kv에서 1,000배로 관찰하였다.

2) X-선 회절분석 및 적외선분광분석

carborundum disk를 사용하여 치아장축을 절단면으로 분리시킨 후, round bur로서 건전상아질 분말시료를 취득하여 60℃에서 24시간 건조시킨 후 mortar와 pestle을 이용하여 미세분말화한 다음 200mesh의 standard sieve를 통과시켜 재료의 균질화를 하였으며, 다시 60℃에서 24시간 건조후 분석에 사용하였다. 불화물의 도포처리는 주사전자현미경 관찰시와 동일처리하였다.

X-선 회절분석기는 microcomputer system이 부착된 X-ray diffractometer(Rigaku geiger flex III, Japan)로서, Cu-target을 사용하여 30Kv, 30mA monochromator로 tracing하였고, Scintillation counter를 detector로 사용하였으며, step width는 0.02degree, full scale은 400cps였고, 측정한계는 1~70°로 하였다.

적외선분광분석을 위하여 각 균질건조분말시료 2mg당 KBr 200mg을 혼합하여 600kg/cm²의 압력으로 진공가압하여 pellet을 제조하였으며 분석장치로서는 Laser beam을 reference로 사용하는 FT-IR Spectrometer(Nicolet Instrument Co.)로서 data processor (Model, IR-80)을 사용하였다.

III. 연구 성적

1. 주사전자현미경적 관찰결과

그림 1은 치경부 노출상아질표면의 주사전자현미경상(1,000배)이다. 기계적으로 굽힌 것으로 판단되는 열구들이 좌상부와 우하부를 연결하는 방향으로 주행하고 있었으며, 열구부위에서 미세한 기공들이 발견되었으며 대체로 균질성있는 석회화물질로 피복되었음이 관찰되며, 부위에 따라서 불규칙한 석회화물질의 침착으로 돌출되어 있음을 발견할 수 있었다(Fig. 1).

그림 2는 치경부 노출상아질표면을 2% NaF용

액으로 20분간 도포한 후 수세시킨 주사전자현미경상(1,000배)이다. 가로방향으로 주행하고있는 열구와 함께 석회화물질들이 불규칙하게 형성되었으며, 석회화물질들이 많이 침착된 곳에서는 열구가 관찰되지 않았다. 석회화물질들은 작은 입자형, 얇은 조각 및 혼합된 형태로 나타나 있었다(Fig. 2).

그림 3은 치경부 노출상아질표면을 2% NaF용액으로 60분간 도포한 후 수세시킨 주사전자현미경상(1,000배)이다. 전체 상아질표면이 얇은 조각들의 형태로 나타나고 있는 석회화물질에 의하여 피복되어 있으며, 이 얇은 조각들은 층층이 쌓여져 있으며 또는 서로 융합되어 큰 평면조각을 형성하기도 하고 일부에서는 이탈되어 내면의 세공들을 노출시키기도 하였다(Fig. 3).

그림 4는 치경부 노출상아질표면을 10% SnF₂용액으로 20분간 도포한 후 수세한 주사전자현미경상(1,000배)이다. 좌상방과 우하방을 연결하는 방향으로 기계적으로 긁힌 부위가 관찰되었으며, 그위를 광범위하게 석회화물이 피복되어 있었다. 그러나, 피복석회화물의 침착량은 충분하지 못하였고, 단편적이었으며, 사이사이의 상아질표면은 열구내에 다공성조직을 보이고 있었다. 그림의 중간부분 좌우측에는 균열을 관찰할 수 있었는데 이 균열은 새로 침착된 석회화물질을 포함하여 주행하고 있었다(Fig. 4).

그림5는 치경부 노출상아질 표면을 10% SnF₂용액으로 60분간 도포한 후 수세한 주사전자현미경상(1,000배)이다. 얇은 조각으로 보이는 석회화물질들이 전체 상아질표면을 조밀하게 피복되고 있었다. 그러나 일견하여 상아질과 충분히 결합된 형태를 보이지 않았다(Fig. 5)

그림6은 치경부 노출상아질표면을 7.6% SMFP용액으로 20분간 도포시킨 후 수세한 주사전자현미경상(1,000배)이다. 비록 거칠기는 하지만 대체로 균등한 석회화물의 침착을 볼 수 있었으며, 상아질의 경조직과 비교적 결합이 잘 된 형태를 나타내고 있었다(Fig. 6).

그림7은 치경부 노출상아질표면을 7.6% SMFP용액으로 60분간 도포시킨 후 수세한 주사전자현미경상(1,000배)이다. 매우 석회화가 잘된 균등한 상이 나타나거나 보다 거친 석회화물의 침착이 혼재되어 있었다. 그러나 전체적으로 침착된 석회화물은 본래

의 상아질조직과 결합이 잘 되어 있었다(Fig. 7).

2. X-선 회절분석결과

본 연구에 사용된 건전상아질분말의 X-선 회절상은 그림8과 같다(Fig. 8). 2θ-31.620°에서상대강도 188로서, d-값이 2.827인 제일 큰 peak가 나타났으며, 2θ-32.620°에서 상대강도가 141인 3번째로 큰 peak가 d-값 2.81로 나타나며, 두번째 peak의 d-값은 2.78이고, 세번째로 큰 peak가 d-값 2.72임에 비추어 전형적인 수산화인회석의 결정을 나타내고 있었다(Table 1.참조).

2%NaF용액으로 20분간 및 60분간 각각 도포처리한 후 수세시킨 상아질분말의 X-선 회절상은 다음과 같았다. 2% NaF용액으로 20분간 도포한 결과 2θ-31.570°, 2θ-31.896° 및 2θ-32.740°에서 상대강도 213, 273 및 131로서 각각 d값이 2.831, 2.803, 2.733으로 나타났으며, 2% NaF용액으로 60분간 도포한 결과 2θ-31.673°, 2θ-32.093° 및 2θ-32.735°에서 상대강도가 248, 240 및 144로서 각각의 d-값이 2.823, 2.786 및 2.733으로 나타나 각각의 수세후 나타난 결정상은 주로 수산화인회석으로 간주할 수 있었다. 그러나 20분 도포군에서 2θ-49.455°, 2θ-43.733° 및 2θ-27.890°에서의 d-값이 각각 1.841, 2.068 및 3.196으로 나타났기 때문에 calcium fluoride로 간주할 수 있었으며, 2% NaF용액 60분간 도포군에서는 2θ-46.973°, 2θ-39.793 및 2θ-27.980에서 각각의 d-값이 1.933, 2.263 및 3.186으로 나타났기 때문에 상대강도와 비교했을 때, 2% NaF용액 20분간 도포군에 비하여 더욱 확실한 calcium fluoride의 생성을 확인할 수 있었다. 그러나 fluoroapatite의 생성은 수산화인회석의 d-값과 표준치자체가 근사값을 보여 확인할 수 없었다(Fig. 9, 10 및 Table 1. 참조)

10% SnF₂용액으로 20분간 및 60분간 각각 도포처리한 후 수세시킨 상아질분말의 x-선 회절상은 다음과 같았다. 즉 10% SnF₂용액으로 20분간 도포한 결과와 60분간 도포한 결과 공히 수산화인회석을 증명할수 없었으며, 또 불화인회석의 존재도 확인할 수 없었다. 그러나 20분도포군에서는 2θ-46.120° 2θ-43.560° 및 2θ-28.360°에서 d-값이 1.966, 2.075

Table 1. X-ray diffraction patterns of fluoride treated dentin (I)

reagents values source	Hydroxyapatite				Calcium fluoride				Fluoroapatite			
	d-value	RI	angle	FWHM	d-value	RI	angle	FWHM	d-value	RI	angle	FWHM
ASTM	2.81	100	25-35		1.93	100			2.80	100		
	2.78	60			2.15	94			2.70	60		
	2.7	60			3.15	94			2.77	55		
Control : sound dentin.	2.827	188	31.620	0.220								
	2.787	183	32.080	0.220								
	2.743	141	32.620	0.200								
2% NaF 20 min. tx.	2.831	213	31.570	0.160	1.841	104	49.455	0.320	2.831	213	31.570	0.160
	2.803	273	31.896	0.400	2.068	34	43.733	0.160	2.733	131	31.740	0.140
	2.733	131	32.740	0.140	3.196	53	27.890	0.220	2.803	273	31.896	0.400
2% NaF. 60 min. tx.	2.823	248	31.673	0.460	1.933	71	46.973	0.220	2.786	240	32.093	0.240
	2.786	240	32.093	0.240	2.263	49	39.793	0.160	2.733	144	32.735	0.160
	2.733	144	32.735	0.160	3.186	55	27.980	0.200	2.786	240	32.903	0.240
10% SnF ₂ 20 min. tx.	2.890	55	30.910	0.140	1.966	56	46.120	0.260				
					2.075	43	43.560	0.160				
					3.143	104	28.360	0.120				
10% SnF ₂ 60 min. tx.					1.956	61	46.360	0.140				
					2.244	51	40.140	0.180				
	2.748	75	32.560	0.200	3.084	95	28.920	0.180	2.748	75	32.560	0.200
7.6% SMFP 20 min. tx.	2.805	256	31.865	0.380	1.944	60	46.680	0.260	2.805	256	31.865	0.380
	2.766	185	32.345	0.100	2.099	26	43.053	0.140	2.727	134	32.820	0.100
	2.727	234	32.820	0.100	3.466	104	25.676	0.260	2.766	185	32.345	0.100
7.6% SMFP 60 min. tx.	2.827	230	31.620	0.280	1.853	70	49.120	0.180	2.827	230	31.620	0.280
	2.791	265	32.040	0.340	2.068	36	43.730	0.200	2.709	116	33.033	0.200
	2.709	116	33.033	0.200	3.155	50	28.260	0.160	2.791	265	32.040	0.340

및 3.143으로 나타나 calcium fluoride로 추측되는 물질이 나타나고 있었으며, 10% SnF₂ 60분간 경우에도 2θ-46.360°, 2θ-40.140° 및 2θ-28.920°에서 d-값이 각각 1.956, 2.244 및 3.084로 나타났기 때문에 calcium fluoride로 생각되는 물질로 간주할 수 있었다. (Fig. 11, 12 및 Table 1, 참조)

7.6% SMFP 용액으로 20분간 및 60분간 각각 도포

처리한 후 수세한 상아질분말의 X-선 회절상은 다음과 같았다. 즉 7.6% SMFP 용액으로 20분간 도포 처리한 결과 2θ-31.865°, 2θ-32.345° 및 2θ-32.820°에서 상대강도가 256, 185 및 234로 나타난 d-값 2.805, 2.766 및 2.727이 비록 불화인회석과의 감별은 불가능하였으나 수산화인회석의 존재를 강하게 암시하고 있었다. 또한 60분간 도포한 경우에서도 2

Table 2. X-ray diffraction patterns of fluoride treated dentin (II)

reagents values sources	NaF				SnF ₂				SMFP			
	d-value	RI	angle	FWHM	d-value	RI	angle	FWHM	d-value	RI	angle	FWHM
ASTM	2.32	100			3.55	100			3.89	100		
	1.64	60			3.20	60			2.74	95		
	1.34	17			3.38	40			2.80	80		
Pure reagents	2.317	5276	38.824	0.300	3.553	269	25.032	0.280	3.917	479	22.679	0.320
	1.638	2171	56.095	0.320	3.201	310	27.847	0.240	2.749	763	32.547	0.260
	1.397	96	66.908	0.340	0.380	103	26.343	0.300	2.806	609	31.861	0.300
2% NaF 20 min. tx.	2.278	60	39.520	0.140								
2% NaF 60 min. tx.	2.263	49	39.793	0.160								
10% SnF ₂ 20 min. tx.					3.795	65	23.420	0.180				
					3.260	75	27.333	0.140				
10% SnF ₂ 60 min. tx.					3.447	85	25.820	0.220				
					3.239	90	27.510	0.140				
					3.313	90	26.890	0.180				
7.6% SMFP 20 min. tx.									2.727	134	32.820	0.100
									2.805	256	31.865	0.380
7.6% SMFP 60 min. tx.									3.853	45	23.060	0.180
									2.709	116	33.033	0.200
									2.827	230	31.620	0.280

θ -31.620°, 2θ -32.040° 및 2θ -33.033°에서의 d-값이 각각 2.827, 2.791 및 2.709로서 역시 불화인회석과의 감별이 불가능한 수산화인회석의 존재가 확실하게 나타나고 있었다. 한편 7.6% SMFP용액 20분간 도포군의 X-선 회절상에서는 동시에 2θ -46.680°, 2θ -43.053°, 및 2θ -25.676°에서 d-값이 1.944, 2.099 및 3.466으로 나타남으로서 calcium fluoride의 생성을 강력히 암시하고 있었으며, 이와 같은 현상은 SMFP용액 60분도포군의 2θ -49.120°, 2θ -43.730° 및 2θ -28.260°에서 각각의 d-값이 1.

853, 2.068 및 3.155로 나타났기 때문에 20분 도포군에 비하여 더욱 뚜렷한 calcium fluoride의 생성을 확인할 수 있었다. (Fig. 13, 14 및 Table 1. 참조)

그림 15, 16 및 17은 본 연구에 사용된 불화물자체의 X-선 회절상이다 (Fig 15, 16, 17) 각각의 불화물들은 상아질분말에 도포처리한 후 수세하였고, 그 후 상아질분말을 대상으로 이상의 시약들을 측정된 결과는 다음과 같았다. 즉 2% NaF용액을 20분간 및 60분간 도포후 수세한 상아질분말에서는 각각 NaF의 존재를 확인할 수 없었다 (Fig. 15 및 Table 2 참조).

그러나 10% SnF₂로 도포후 수세시킨 상아질분말의 경우 20분도포처리군에서는 비록 SnF₂의 존재를 확인할 수 없었으나, 60분간 도포처리군에서는 2θ-25.820°, 2θ-27.510° 및 2θ-26.890°에서 d-값이 각각 3.447, 3.239 및 3.313으로 나타나 SnF₂ 시료의 d-값인 3.533, 3.201 및 3.380과 일치하는 SnF₂의 존재를 확인할 수 없었으나, 60분간 도포처리군에서는 2θ-25.820°, 2θ-27.510° 및 2θ-26.890°에서 d-값이 각각 3.447, 3.239 및 3.313으로 나타나 SnF₂의 존재를 확인할 수 있었다. 7.6% SMFP용액으로 도포처리한 후 수세시킨 상아질분말의 경우에는 비록 20분도포처리군에서는 2θ-23.060°, 2θ-33.033° 및 2θ-31.620°에서 d-값이 각각 3.853, 2.709 및 2.827로 나타나 표준시료의 α 값인 3.89, 2.74 및 2.80에 부합됨으로서 SMFP의 존재를 확인할 수 있었다

3. 적외선분광분석결과

건전상아질분말을 대상으로 적외선흡수 spectra를 분석한 결과 OH⁻에 의한 적외선흡수 spectra는 wave number 3570cm⁻¹에서는 관찰할 수 없었으나 1,624cm⁻¹ 630cm⁻¹에서는 중등도로 peak가 발달하여 있었다. 한편 건전상아질의 CO₃²⁻에 의한 적외선흡수 spectra는 wave number 1,423cm⁻¹서 중등도, 873cm⁻¹에서 약하게 peak가 발달하여 있었으며, 703cm⁻¹에서는 발견할 수 없었다. PO₄³⁻에 의한 적외선흡수 spectra는 wave number 960cm⁻¹에서 가장 큰 peak로서 발달되어 있었다(Fig. 18 및 Table 3참조).

상아질분말에 2% NaF액으로 20분 및 60분씩 각각 도포한 후 수세를 거쳐 적외선흡수 spectra를 분석한 결과는 그림 19와 20에서와 같이 상호 큰 차이를 발견할 수 없었다(Fig. 19, 20). 즉, OH⁻에 의한 적외선흡수 spectra는 wave number 3,570cm⁻¹에서 공히 관찰할 수 없었으나, 1,624cm⁻¹에서는 약하게 나타났고, 630cm⁻¹에서는 peak크기가 중등도로 공히 나타나고 있었다. CO₃²⁻에 의한 적외선 흡수 spectra는 wave number 1423cm⁻¹에서 중등도, 873cm⁻¹에서 약하게 peak가 발달해 있었으며, 703cm⁻¹에서는 발견할 수 없었다. PO₄³⁻에 의한 적외선흡수 spectra는 wave number 960cm⁻¹에서 가장 큰 peak

Table 3. Relative degrees of infrared absorption at various wave numbers

Ions	Wave numbers (Cm ⁻¹)						
OH ⁻	3570	1624					630
CO ₃ ²⁻			1423		873	703	
PO ₄ ³⁻			960				
Control	-	++	++	+++	+	-	++
2% NaF 20min. tx.	-	+	++	+++	+	-	++
2% NaF 60min. tx.	-	+	++	+++	+	-	++
10% SnF ₂ 20min. tx.	-	+	±	+	-	-	+
10% SnF ₂ 60min. tx.	-	+	±	+	-	-	+
7.6% SMFP 20min. tx.	-	+	++	+++	+	-	++
7.6% SMFP 60min. tx.	-	++	++	+++	+	-	++

로 발달되어 있었다(Fig. 19, 20 및 Table 3참조). 상아질분말에 10% SnF₂용액으로 20분 및 60분씩 각각 도포한 후 수세를 거쳐 적외선흡수 spectra를 분석한 결과는 그림 21과 22에서와 같이 상호 별차이를 발견할 수 없었다(Fig. 21, 22). 즉 OH⁻에 의한 적외선흡수 spectra는 wave number 3,570cm⁻¹에서 공히 관찰할 수 없었으나, 1,624cm⁻¹ 및 630cm⁻¹에서는 약한 peak로서 나타나고 있었다. 상아질의 CO₃²⁻에 의한 적외선 흡수 spectra는 wave number 1,423cm⁻¹에서만 흔적정도로 peak가 나타났고, wave number 873cm⁻¹과 703cm⁻¹에서는 공히 발견할 수 없었다. PO₄³⁻에 의한 적외선흡수 spectra는 wave number 960cm⁻¹에서 공히 약하게 나타나고 있었다(Fig. 21, 22 및 Table 3. 참조).

7.6% SMFP용액을 상아질분말에 20분 및 60분간 각각 도포하고 수세시킨 후, 적외선흡수 spectra를 분석한 결과는 그림 23과 24에서와 같이 유사하였으

며(Fig. 23, 24) OH⁻에 의한 적외선흡수 spectra에서도 wave number 3,570cm⁻¹에서는 공히 peak를 발견할 수 없었고, 630cm⁻¹에서는 중등도의 peak를 함께 보였으며, 다만 1,624cm⁻¹에서 20분 도포군이 약하게 그리고 60분도포군이 중등도의 peak로서 나타났다. 그 외에는 모두 유사하였는데 즉, CO₃²⁻에 의한 적외선흡수 spectra는 wave number 1,423cm⁻¹, 873cm⁻¹ 및 703cm⁻¹에서 각기 중등도, 미약 및 소실된 peak상을 공히 보였다. PO₄³⁻에 의한 적외선흡수 spectra는 wave number 960cm⁻¹에서 가장 큰 peak로서 양자 모두 발달하여 있었다(Fig. 23, 24 및 Table 3 참조).

IV. 총괄 및 고찰

산에 의한 탈회작용에 대하여 국소도포된 불화물이 상아질의 저항성을 증진시킨다는 사실은 명백히 증명되었다.^{4,44)}

본 연구에서는 수중 불화물을 치경부노출상아질 표면에 도포하였을 경우 석회화물질의 침착에 따른 표면구조의 변화를 관찰함과 동시에 건전상아질분말에 불화물을 반응시켰을 경우, 결정구조의 물리화학적 변화를 상호비교분석하고자 하였다. Shulman 등(1968)⁵⁰⁾은 불화물이 도포된 치근면에서 지속적으로 불화물이 방출되기 때문에 영구적으로 보호막이 형성는 것은 아니라고 보고하였으며, Shulman 등(1969)⁴⁹⁾은 불소농도가 표층에서는 낮게 나타났으나, subsurface layer에서는 상당히 높은값이 나타났다고 보고하였다. 그러나 1970년 Furseth¹⁰⁾, 1970년 Isokawa 등²⁷⁾의 실험연구에서 일단 불화물이 도포된 치근면의 불소농도는 대조군에 비교하여 항상 높았음을 보고한 바 있다.

본 실험에 있어서는 도포시간을 20분군과 60분군으로 나누어 도포처리함으로써 도포시간의 차이에 따른 효과를 관찰하고자 하였다.

Gedalia 등(1917)¹³⁾은 불화물도포 치아를 24시간동안 소금물에 침적후 관찰한 결과 침착된 불소농도의 약 50%가 소실되었다고 보고한 바 있었으며, 본 실험에서는 각 불화물도포제로부터 상아질표면의 불화물침착 여부의 관찰이 목적이므로 철저한 수세는 오히려 부적절 하다고 사료되었다.

본 실험에서는 각 불화물도포제로부터 상아질표는 오히려 부적절 하다고 사료되었다.

연구재료의 선택에 있어서 주사전자현미경적 관찰을 위하여 치경부상아질이 노출된 치아를 대상으로 하였으며, X-선회절분석과 적외선 분광분석을 위하여서는 건전상아질분말을 사용하였다.

그림1의 건전상아질노출표면에 있어서 대체로 균질적인 석회화물질의 침착을 보인데 반하여, 시험군에 있어서는 다양한 형태로 석회화물질들이 재침착되어 있는 양상을 보였으며, 이는 도포시간증가에 따라 증가되는 상으로 나타났다 (Fig. 1). 그림2, 3은 치경부 노출상아질표면을 2% NaF용액으로 20분간 및 60분간 도포한 실험군의 주사전자현미경상으로 60분도포군에서 보다 광범위한 석회화물질의 침착을 나타내고 있었으며 (Fig. 2, 3), 그림4, 5의 10% SnF₂용액으로 처리한 경우에 있어서도 도포시간증가에 따라 피복된 석회화물질의 양은 증가하였으나, 도포된 표면이 전체적으로 볼 때, 상아질 표면과 결합이 이루어지지 못한 양상을 보여, 이는 반응과정의 중간물질, 미반응 불화물의 피복상태, 또는 반응 후 조잡한 형태로 나타났음을 추측할수있다.

반면 그림6, 7의 7.6% SMFP용액 도포군에 있어서는 균등한 석회화물질의 침착형태가 도포시간증가에 따라 치밀도가 증가하는 현상으로 나타났다 (Fig. 6, 7). Shannon 등(1976)⁴⁷⁾에 의하면 치근면에 불소도포시에 화학적으로 법랑질에서와 유사한 효과를 갖는것 같다고 보고한바있고 Mellberg와 Shulman(1974)⁴⁶⁾은 APF gel로 4분간 발거된 소구치치근부위 상아질 및 백아질에 도포하였을 때, 약 4000ppm의 불소가 외층에 침착됨을 보고하여 법랑질의 약 10배가 침착된다고 발표한 바 있다. 또 McCann과 Bullock(1955)³⁵⁾, Wei와 Forbes(1969)⁵⁷⁾는 상아질분말이 법랑질분말보다도 불소침착능력이 높았음을보고하였는데 이는 상아질 표면이 대조군에서 균등한 석회화물질로 덮여 있었음이 확인되었으므로 상아세관내 침투라기 보다는 Shulman 등(1969)⁴⁹⁾, Gedalia 등(1971)¹³⁾의 상아질표면자체의 투과성이 높기 때문이라는 보고에 부합하는 결과였다고 사료된다. 이를 확인하기위하여 저자는 상아질의결정성과 생성물질에 관하여 조사하고자 건전상아질분말을 시료로 하여서 X-선 회절분석 및 적외선 분광분석을 시행하였으며 불화물처리후의 분석결과와 비교조사하였다.

X-선 회절분석에 있어서 표1에서 ASTM자료에

서의 d-값의 상대강도는 다소간의 차이가 있었으나 전형적인 수산화인회석의 구조를 나타내었다. (Table 1) 이에 각각 2% NaF용액, 10% SnF₂용액 및 7.6% SMFP용액을 처리한 경우에는 다소 상이한 결과를 나타내었다 (Table 1, 2참조). 2% NaF용액도포군에 있어서는 수산화인회석구조와 함께 불화칼슘의 생성이 도포시간에 따라 증가하는 양상으로 나타났고, 20분 및 60분도포군에서 공히 잔존 불화물의 존재를 확인할 수 없었다. 10% SnF₂용액도포군에 있어서는 20분 및 60분도포군에서 공히 수산화인회석의 존재는 확인할 수 없었고, 불화칼슘의 출현만을 나타내었는데, 이는 SnF₂ 자체가 10%용액에서 산성이며, 이러한 산성용액이 부식작용으로 수산화인회석구조의 결정성이 미약한 것으로 사료되며, 60분도포군에서 잔여 SnF₂의 존재가 발견되었음은 미처 반응 못한 불화물이 상아질 미세분말을 피복하고 있는 듯한 주사전자현미경상에서의 표면양상을 뒷받침해주는 결과였다. 7.6% SMFP용액도포시에는 보다 뚜렷한 수산화인회석구조와 함께 불화칼슘을 인정할수 있는 peak와 60분도포군에서의 잔여불화물의 존재도 나타났으며, 석회화물질자체의 결정성도 가장 높은 양상으로 나타났다. SnF₂도포군을 제외한 각 실험군에서 공히 수산화인회석의 구조를 보였으나, 불화인회석이 형성되었는지의 여부는 밝힐수 없었으며, 이는 Furseth(1970)¹⁰⁾의 연구결과와도 일치하는 것이었다.

이를 다시 적외선분광분석을 실시하여 재차 실험한 결과를 보면 건전상아질에서 OH⁻기를 확인해볼때, wave number 1,624, 630cm⁻¹에서의 peak가 출현하였으나, wave number 3,570cm⁻¹에서의 peak가 나타나지 않았는데 이러한 현상은 상아질분말시료의 OH⁻기의소실을 나타내는 것이 아니라, 수산화인회석구조자체의 결정성이 낮은 이유때문이며^{32,34)}, 이는 韓 등(1986)³⁾의 분석결과와도 일치하는 것으로 나타났다.

또한 CO₃²⁻의 적외선흡수 spectra는 wave number 703cm⁻¹을 제외한 wave number 1,423, 873cm⁻¹에서의 peak가 출현하여 CO₃²⁻가 인회석구조내 대치구성성분이라는 LeGeros(1974)³¹⁾의 보고를 참고하면, 결정성이 약해진 수산화인회석의 양상을 나타내기에 충분하다고 인정되었다. 또한 wave number 960cm⁻¹에서의 PO₄³⁻기의 강도의 peak출현 역시 인산

칼슘의 구조물을 증명하는데 부족함이 없었다. 2% NaF용액을 20분간 및 60분간 도포한 후의 적외선흡수 Spectra는 wave number 1,624cm⁻¹의 약한 pack를 제외하곤 대체로 건전상아질 분말시료와 유사한 양상으로 나타나, X-선 회절분석의 수산화인회석출현의 결과와 부합되었으며, 이는 Okazaki(1983)⁴¹⁾, Okazaki 등(1981)⁴²⁾의 연구보고와도 유사한 결과로 나타났다. 10% SnF₂용액 20분 및 60분에 대한 효과적인 치료법이 아직 개발되지 않고 있으며, 특히 불소와 치아경조직과의 반응기전도 아직 충분히 알려지지 않은 상태에서 불화물을 이용한 치경부 지각과민증치료에 보다 개량된방법이 필요하다는 생각에서 실시한 것이다. 비록 본 연구를 통하여 치경부 상아질표면의 불화물에 대한 반응을 다소 이해할 수 있었지만 어디까지나 경조직에 대한 석회화물질의 형성과 침착이라는 면에서만 분석연구된 것으로서 향후 상아세관의 반응과 동통에 대한 생물학적연구가 병행되면, 보다 더 유용한 결과를 기대할 수 있다고 생각된다.

V. 결 론

상아질에 불화물을 도포시 형성된 물질을 연구하는 것은 치과보존영역에서 치경부지각과민증의 치료 및 2차우식 억제제로서의 불화물이용에 도움이 될 수 있다.

저자는 연구치 상아질을 연구대상으로, 수종의 불화물을 상아질에 국소도포하고, 도포 및 수세조건에 따라 형성및 잔존된 물질들을 규명하고 자주사전자현미경적 관찰과 X-선 회절분석 및 적외선 분광분석을 실시하였다. 각각의 연구성적들을 상호비교분석한 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. NaF, SnF₂ 및 SMFP를 치경부 상아질표면에 도포하면 석회화 물질로 된 피막을 형성하였다.
2. 피막형성량은 도포시간에 따라 증가하였다.
3. 형성된 피막의 치밀도는 SMFP 도포군이 가장 높았고, 그 다음 NaF, SnF₂의 순이었다.
4. 도포된 SnF₂는 수세후에도 피막구성물질로서 잔존하였다.
5. SMFP와 NaF는 도포후 인회석특성을 가진 재석회화물질을 형성하였다.

6. 개석회화물질의 결정성은 SMFP 도포군에서 현저히 높았다.

REFERENCES

1. 韓宗樹, 崔浩永, 閔丙淳, 朴尚進: 齶蝕象牙質의 物理化學의 特性에 關한 分析研究. 慶熙齒大 論文集, 8: 157~168, 1986.
2. Birkeland, J.M. and Tronstad, L.: Fluoride in an experimental cavity varnish. *Scand. J. Dent. Res.*, 84: 200-203, 1976.
3. Bolden, T.E., Volpe, A.R. and King, W.J.: The desensitizing effect of a sodium monofluorophosphate dentifrice. *Periodontics*, 6: 112-114, 1968.
4. Branstrom, M. and Nyborg, H.: Pulp reaction to fluoride solution applied to deep cavities. An experimental histological study. *J. Dent. Res.*, 50: 1548-1552, 1971.
5. Dayton, R.E., DeMarco, T.J. and Swedlow, D.: Treatment of hypersensitive root surfaces with dental adhesive materials. *J. Periodontol.*, 45, 873-878, 1974.
6. Ehrlich, J., Hochman, N., Gedalia, I. and Tal, M.: Residual fluoride concentrations and scanning electron microscopic examination of root surfaces of human teeth after topical application of fluoride in vivo. *J. Dent. Res.*, 54: 897-900, 1975.
7. Everett, F.G.: Desensitization of hypersensitive exposed root surfaces. *Dent. Clin. North Am.*, 3: 221-230, 1964.
8. Forsten, L.: Fluoride release from a fluoride-containing amalgam and two luting cements. *Scand. J. Dent. Res.*, 84: 348-350, 1976.
9. Forsten, L., Ryomaa, I., Antilla, A. and Keinonen, J.: Fluoride uptake from restorative dental materials by human enamel. *Scand. J. Dent. Res.*, 84: 391-395, 1976.
10. Furseth, R.: A study of experimentally exposed and fluorine treated dental cementum in pigs. *Acta Odontol. Scand.*, 28: 833-855, 1970.
11. Gangarosa, L.P., Hever, G.A., Park, N., Hayes, B.B., Little, C.K., Baker, G.W. and Smith, M.A.: Desensitizing hypersensitive dentin by iontophoresis with fluoride. *N.Y. State Dent. J.*, 44: 92-94, 1978.
12. Gangarosa, L.P. and Park, N.: Practical considerations in iontophoresis of fluoride for desensitizing dentin. *J. Prosthet. Dent.*, 39: 173-178, 1978.
13. Gedalia, I., Shulman, L.B., Albert, M., Goldhaber, P. and Sciaky, I.: Fluoride content in root layers of fluoride immersed teeth. *Pharmacol. Ther. Dent.*, 1: 151-156, 1971.
14. Gordon, G.E. and Shannon, I.L.: Treatment of root surfaces with stannous fluoride. *N.Z. Soc. Periodontol. Bull.*, 29: 24-28, 1970.
15. Green, B.L., Green, M.L. and McFall, W.T.: Calcium hydroxide and potassium nitrate as desensitizing agents for hypersensitive root surfaces. *J. Periodontol.*, 48: 667-672, 1977.
16. Greenland, L., Hargreaves, J.A., Smith, D.C. and Beagrie, G.S.: Fluoride uptake by enamel from polycarboxylate cement. *J. Dent. Res.*, Vol. 53, IADR Abs., 918, 1974.
17. Grossman, L.A.: A systematic method for the treatment of hypersensitive dentin. *J.A.D.A.*, 22: 592, 1935.
18. Gursin, A.V.: A study of the effect of stannous fluoride incorporated in dental cement. *J. Oral Ther. & Pharm.*, 1: 630-636, 1965.
19. Hals, E.: Root caries distribution and uptake of elements in lesions adjacent to silicate or amalgam restorations. *J. Dent.*

- Res., 84: 367-371, 1976.
20. Hals, E., Tveit, A.B., Totdal, B. and Isrenn, R.: Effect of NaF, TiF₄ and APF solutions on root surfaces in vitro with special reference to uptake of F. Caries Res., 15: 468-476, 1981.
 21. Halse, A. and Hals, E.: Electron probe microanalysis of secondary caries lesions adjacent to silicate fillings. Calcif. Tissue Res., 21: 183-193, 1976.
 22. Harris, R. and Curtin, J.H.: Dentine hypersensitivity. Aust. Dent. J., 21: 165-169, 1976.
 23. Hazen, S.P., Volpe, A.R. and King, W.J.: Comparative desensitizing effect of dentifrices containing sodium monofluorophosphate, stannous fluoride and formalin. Periodontics, 6: 230-232, 1968.
 24. Hernandez, F., Mohammed, C., Shannon, I., Volpe, A. and King, W.: Clinical study evaluating the desensitizing effect and duration of two commercially available dentifrices. J. Periodontol., 43: 367, 1972.
 25. Hodosh, M.: A superior desensitizer-potassium nitrate. J.A.D.A., 88: 831-832, 1974.
 26. Innes, D.B.K. and Youdelis, W.V.: Calcium fluoride in amalgam for caries prevention. J. Dent. Res., 45: 94-98, 1966.
 27. Isokawa, S., Toda, Y., Ajisaka, M., Inoue, Y., Satto, T. and Tsuchida, S.: Scanning electron microscopic observation of the peritubular zone in dentin sclerosis. J. Nihon Univ. Sch. Dent. 12: 105-111, 1970.
 28. Jerman, A.C.: Silver amalgam restorative material with stannous fluoride, J.A.D.A., 80: 787-791, 1970.
 29. Kanouse, M.C. and Ash, M.M.: The effectiveness of a sodium monofluorophosphate dentifrice on dental hypersensitivity. J. Periodontol., 40: 38-40, 1969.
 30. Laufer, B., Gedalia, I., Meyer, I., Tal, M. and Kaufman, H.W.: The effect of in vitro fluoride treatment on root dentine. J. Dent. Res., IADR Abst., 166, 1979.
 31. LeGeros, R.Z.: Variation in the crystalline components of human dental calculus: I. Crystallographic and spectroscopic methods of analysis. J. Dent. Res., 53: 45, 1974.
 32. LeGeros, R.Z. and Shannon, I.L.: The crystalline components of dental calculi. J. Dent. Res., 58: 2371, 1979.
 33. LeGeros, R.Z., Trautz, O.R., Klein, E. and LeGeros, J.P.: Spectral properties of CO₃ containing apatites. Dev. Appl. Spec., 7: 3, 1970.
 34. Malone, W.F., Bell, C. and Massler, M.: Physiochemical characteristics of active and arrested carious lesions of dentin. J. Dent. Res., 45: 16, 1966.
 35. McCann, H.G. and Bullock, F.A.: Reactions of fluoride ion with powdered enamel and dentin. J. Dent. Res., 34: 59-67, 1955.
 36. Mellberg, J.R. and Shulman, L.: The treatment of human teeth with fluoride for replantation and allotransplantation. J. Dent. Res., 53: 844-846, 1974.
 37. Murthy, K.S., Talim, S.T. and Singh, I.: A comparative evaluation of topical application and iontophoresis of sodium fluoride for desensitization of hypersensitive dentin. Oral Surg., 36: 448-458, 1973.
 38. Nordbo, H. and Eriksen, H.M.: Permeability and fluoride release of lining materials containing amine fluorides. Scand. J. Dent. Res., 84: 386-390, 1976.
 39. Norman, R.D., Phillip, R.W. and Swartz, M.L.: Fluoride uptake by enamel from certain dental materials. J. Dent. Res., 39: 11-16, 1960.
 40. Norman, R.D., Platt, J.R., Phillip, R.W. and Swartz, M.L.: Additional studies on fluoride uptake by enamel from certain

- dental materials. *J. Dent. Res.*, 40: 529-537, 1961.
41. Okazaki, M.: $F^-CO_3^{2-}$ interaction in IR spectra of fluoridated CO_3 apatites. *Calcif. Tissue Int.*, 35: 78, 1983.
 42. Okazaki, M., Moriwaki, Y., Aoba, T., Doi, Y. and Takahashi, J.: Solubility behavior of CO_3 apatites in relation to crystallinity. *Caries Res.*, 15: 477, 1981.
 43. Sall, H.D.: Technic for treating crevical sensitivity. *Dent. Surv.*, 50: 60-65, 1974.
 44. Sandoval, F. and Shanon, I.L.: Stannous fluoride and dentin solubility. *Texas Rep. Biol. Med.*, 27: 111-116, 1969.
 45. Shapiro, W.B., Kaslick, R.S., Chasens, A.I. and Weinstein, D.: Controlled clinical comparison between a strontium chloride and a sodium monofluorophosphate tooth-paste in diminishing root hypersensitivity. *J. Periodontol.*, 41: 523-525, 1970.
 46. Seltzer, S.: Hypothetic mechanism for dentin sensitivity. *Oral Surg.*, 31: 388, 1971.
 47. Shannon, I.L., Buchanan, W.E. and Mahan, C.J.: In vitro treatment of human root surfaces with fluorides. *J. Pub. Health Dent.*, 36: 201-206, 1976.
 48. Shannon, I.L. and Wightman, J.R.: Treatment of root surfaces with a combination of acidulated phosphofluoride and stannous fluoride. *LA. J. Dent. Ass.*, 28: 14-17, 1970.
 49. Shulman, L.B., Gedalia, I. and Feingold, R.M.: Fluoride inhibition of tooth replant root resorption in Cebus monkeys. *J. Oral Ther.*, 4: 331-337, 1968.
 51. Simon, W.J. and Hilborn, L.B.: Hypersensitive dentine. *Dent. Assist.*, 46: 16-17, 1977.
 52. Soremark, R., Hedin, M. and Rojmyr, R.: Studies on incorporation of fluoride in a cavity liners. *Odont. Revy*, 20: 189-199, 1969.
 53. Tal, M., Oron, M., Gedalia, I. and Ehrlich, J.: X-ray diffraction and scanning electron microscope investigations of fluoride treated dentin in amn. *Oral Biol.*, 21: 285-290, 1976.
 54. Tveit, A.B.: Fluoride uptake by enamel surfaces, root surfaces and cavity walls following application of a fluoride varnish in vivo. *Caries Res.*, 14: 315-323, 1980.
 55. Tveit, A.B. and Hals, E.: Penetration of ions from silicate cement restorations into copalite-covered cavity walls. *Acta Odontol. Scand.*, 36: 15-24, 1978.
 56. Wayne, : Effect of topical fluoride on microleakage. *Gen. Dent.*, 31: 452-456, 1983.
 57. Wei, S.H.Y. and Forbes, W.C.: Reactions of powdered sound dentin with several fluoride solutions. *J. Dent. Res.*, 48: 149-152, 1969.
 58. Wei, S.H.Y. and Sierk, D.L.: Fluoride uptake by enamel from zinc phosphate cement containing stannous fluoride. *J.A.D.A.*, 83: 621-624, 1971.
 59. Yamano, C.: Effect of NaF-phosphate cement on enamel of human tooth. *J. Osaka Univ. Dent. Sch.*, 13: 123-137, 1968.
 60. Zinner, D.D., Duany, L.F. and Lutz, H.J.: A new desensitizing dentifrice: Preliminary report. *J.A.D.A.*, 95: 982-985, 1977.

— ABSTRACT —

AN EXPERIMENTAL STUDY OF THE EFFECT OF FLUORIDES ON HUMAN DENTIN

Dong Moon Chun, D.D.S., M.S.D., **Byung Soon Min**, D.D.S., Ph.D.,
Ho Young Choi, D.D.S., Ph.D., **Sang Jin Park**, D.D.S., M.S.D., Ph.D.

*Department of Operative Division of Dentistry,
Kyung Hee University*

In order to investigate the material formed by application of fluoride on human dentin, exposed dentin of tooth cervix and sound dentin powder was treated by several fluoride solutions. The former was observed by scanning electron microscope and the latter was analysed by x-ray diffractometer and infrared spectrophotometer.

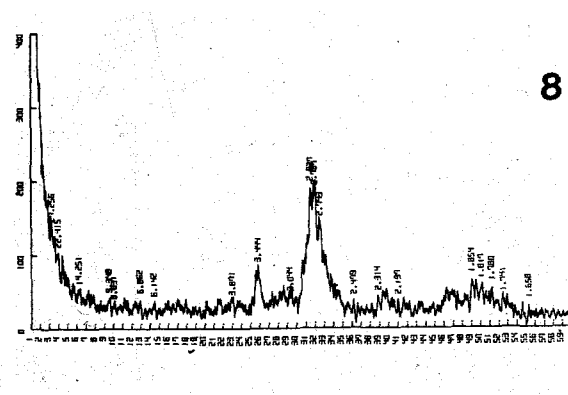
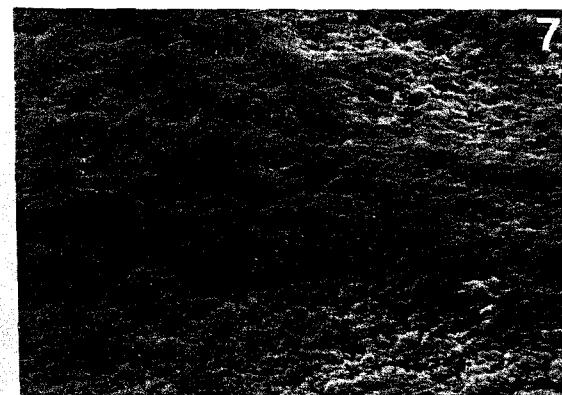
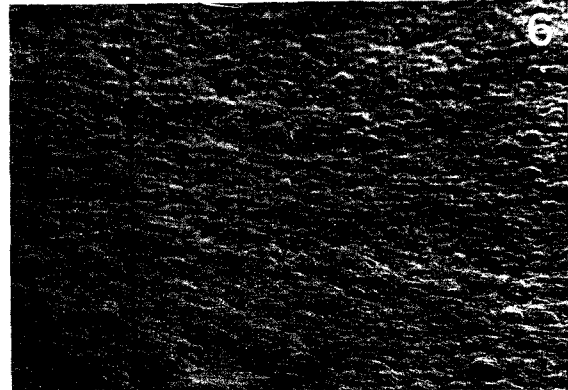
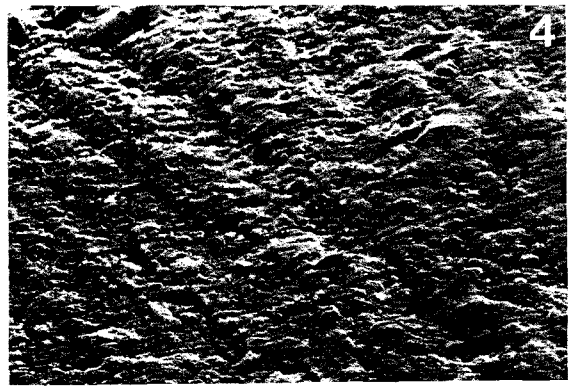
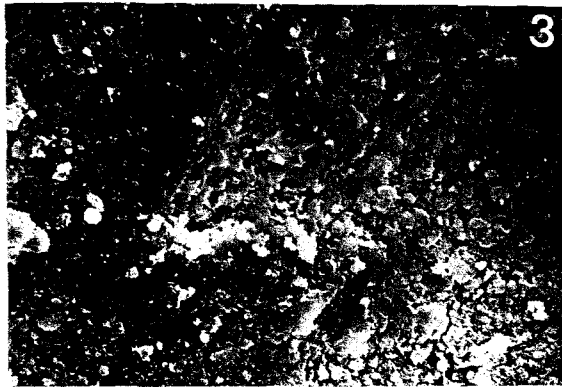
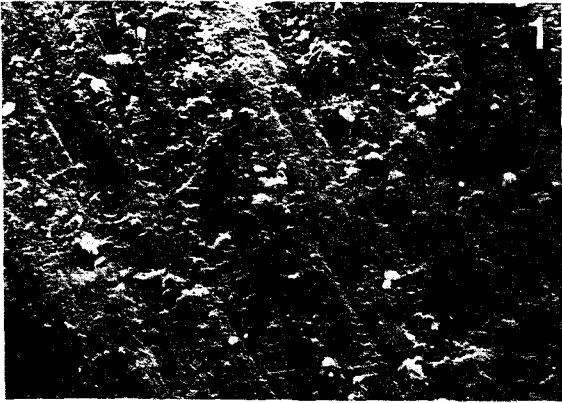
The results obtained were as follows:

1. Application with NaF, SnF₂ and Na₂PO₃F on exposed dentin of tooth cervix formed mineralized materials covered.
2. The amount of mineralized materials increased with time intervals of applying the fluorides.
3. The density of mineralized materials was highest in Na₂PO₃F treatment group, and NaF treatment group was higher than SnF₂ treatment group.
4. SnF₂ remained in covering of mineralized materials.
5. Application with NaF and Na₂PO₃F formed mineralized materials characterized apatitic crystals.
6. The crystallinity of mineralized materials was higher prominently in Na₂PO₃F treatment group.

EXPLANATION OF FIGURES

- Fig. 1.** Scanning electron micrograph of exposed dentin of tooth cervix (X1,000).
- Fig. 2.** Scanning electron micrograph of exposed dentin of tooth cervix treated with 2% NaF solution for 20 min. and washed (X1,000).
- Fig. 3.** Scanning electron micrograph of exposed dentin of tooth cervix treated with 2% NaF solution for 60 min. and washed (X1,000).
- Fig. 4.** Scanning electron micrograph of exposed dentin of tooth cervix treated with 10% SnF₂ solution for 20 min. and washed (X1,000).
- Fig. 5.** Scanning electron micrograph of exposed dentin of tooth cervix treated with 10% SnF₂ solution for 60 min. and washed (X1,000).
- Fig. 6.** Scanning electron micrograph of exposed dentin of tooth cervix treated with 7.6% SMFP solution for 20 min. and washed (X1,000).
- Fig. 7.** Scanning electron micrograph of exposed dentin of tooth cervix treated with 7.6% SMFP solution for 60 min. and washed (X1,000).
- Fig. 8.** X-ray diffractogram of sound dentin powder.
- Fig. 9.** X-ray diffractogram of sound dentin powder treated with 2% NaF solution for 20 min. and washed.
- Fig. 10.** X-ray diffractogram of sound dentin powder treated with 2% NaF solution for 60 min. and washed.
- Fig. 11.** X-ray diffractogram of sound dentin powder treated with 10% SnF₂ solution for 20 min. and washed.
- Fig. 12.** X-ray diffractogram of sound dentin powder treated with 10% SnF₂ solution for 60 min. and washed.
- Fig. 13.** X-ray diffractogram of sound dentin powder treated with 7.6% SMFP solution for 20 min. and washed.
- Fig. 14.** X-ray diffractogram of sound dentin powder treated with 7.6% SMFP solution for 60 min. and washed.
- Fig. 15.** X-ray diffractogram of NaF pure reagent.
- Fig. 16.** X-ray diffractogram of SnF₂ pure reagent.
- Fig. 17.** X-ray diffractogram of SMFP pure reagent.
- Fig. 18.** Infrared spectrogram of sound dentin.
- Fig. 19.** Infrared spectrogram of sound dentin treated with 2% NaF solution for 20 min. and washed.
- Fig. 20.** Infrared spectrogram of sound dentin treated with 2% NaF solution for 60 min. and washed.
- Fig. 21.** Infrared spectrogram of sound dentin treated with 10% SnF₂ solution for 20 min. and washed.
- Fig. 22.** Infrared spectrogram of sound dentin treated with 10% SnF₂ solution for 60 min. and washed.
- Fig. 23.** Infrared spectrogram of sound dentin treated with 7.6% SMFP solution for 20 min. and washed.
- Fig. 24.** Infrared spectrogram of sound dentin treated with 7.6% SMFP solution for 60 min. and washed.

논문 사진부도 ①



논문 사진부도 ③

