

치과용 시멘트 용액의 증발이 경화된 시멘트의 성질에 미치는 영향

경희대학교 치과대학 치과보존학교실

김향경 · 박상진

INFLUENCE OF THE EVAPORATION OF LIQUIDS OF DENTAL CEMENTS ON THE PROPERTIES OF HARDENED CEMENTS

Hyang-Kyung Kim, D. M. D., Sang-Jin Park, D.D.S., M.S.D., Ph.D.

Department of Conservative Dentistry, College of Dentistry, Kyung Hee University

This study was designed to evaluate the influences of evaporation of liquid of dental cements by drying during long term using. Zinc phosphate cement, polycarboxylate cement, and glass ionomer cement were used, and evaluated the properties as follows; consistency, setting time, film thickness, solubility, and compressive strength according to the ADA specification.

The specimens of control group were made by mixing the newly opened liquid using the powder-liquid ratio recommended by the manufacturer, and the specimens of ES groups were made by mixing the 10% evaporated liquid by drying with the powder-liquid ratio recommended by the manufacturer, and the specimens of EM group were made by mixing the 10% evaporated liquid with the powder-liquid ratio modified for standard consistency.

The following conclusions were drawn ;

1. The viscosity of mixture of all kinds of cements were increased by the evaporation of liquid, especially the viscosity of glass ionomer cement were influenced significantly.
2. The amount of liquid should be increased to get a standard consistency at the using of evaporated liquid of cement, the most significant increase of liquid amount was required on Ketac-Cem.
3. The setting times were increased at both cases of mixing of evaporated liquid with powder - liquid ratio recommended by manufacturer or modified through consistency test.
4. At an experimental group of mixing of the evaporated liquid with powder-liquid ratio recommended by

manufacturer, solubility was decreased and film thickness was increased.

5. By the result of evaporation of cement liquid, the compressive strength of polycarboxylate cement was increased slightly and it of glass ionomer cement was increased, however, by the increase of amount of liquid to be possible to manipulate the compressive strength were decreased.

I. 緒 論

齒科用 시멘트는 合着用 또는 裏裝用 및 充填用 등으로 사용되며 金屬修復物과 陶材修復物의 合着用이나 裏裝용으로 사용할 境遇 적절한 被膜度와 強度 및 良好한 操作性와 x-線 不透過性 등이 요구된다. 치과보존수복시 臨床에서 주로 나타나는 실패의 원인은 대부분 합착제로 사용된 시멘트층에서 발생되고, 드물게는 充填用으로 사용된 시멘트에서도 나타나며, 이는 물리 및 화학적 성질이 취약하여 나타나는 결과이다.

치과임상에서 시멘트 自體의 물성이 최대한으로 발휘될 수 있도록 시멘트의 적절한 보관과 올바른 조작이 반드시 요구되고 있다. 따라서 임상에서 이들 시멘트의 물리, 화학적 및 기계적 성질에 영향을 미칠 수 있는 여러가지 要因을 원인별로 관찰할 수 있다. 이중 시멘트의 취급방법에 대한 연구보고에서 粉末과 液의 比率¹⁻³⁾, 粉末粒子的 크기^{4,5)}, 操作溫度⁶⁾ 등이 있으며, 그밖에 粒子的 微細構造^{5, 7-9)} 와 粉末組成^{10,11)} 등에 대한 연구도 있었으며, 특히 Kent 등¹²⁾은 液의 組成에 의하여 시멘트의 특성은 좌우된다고 보고하였으며 Wilson 등¹³⁾은 시멘트의 組成중 수분(물)의 량에 따라서 시멘트의 物性이 크게 변화됨을 관찰하였다.

임상적인 면에서 齒科用 시멘트를 장기간에 걸쳐 사용할 경우 시멘트 液容器的 잦은 開閉操作으로 인한 液의 증발이 발생되어 이때 液성분의 組成변화가 일어날 수 있으며, 또 시멘트의 液을 혼화할 경우 연판위에서 단시간이라도 停滯時에도 液의 蒸發과 이로인한 조성변화가 초래될 수 있다. 이와 같은 경우 液의 組成이 변화된 상태에서 粉末-液을 혼합하였을 경우, 硬化된 시멘트의 물성 및 화학적 性質과 操作性이 영향

을 받을 수 있다. 이중 조작성의 영향을 받을 경우 임의로 粉末과 液의 比率를 변화시켜 操作은 容易하게 유지할 수 있으나, 시멘트의 각종 특성이 심하게 변화될 수 있다. Billington 등³⁾은 대부분의 診療室內에서 사용되는 각종 齒科用 시멘트의 粉末-液 比가 제조회사에서 지시하는 비율과는 다르게 사용되고 있음을 지적하고 이로 인하여 發生될 수 있는 시멘트의 기계적 성질이 저하될 수 있음을 우려한 바 있다.

물론 이와 같은 문제점을 해결하기 위하여 캡슐형(capsule-type)포장의 일회용 시멘트의 사용을 권장하고 있으나, 高價로 인하여 사용이 제한되고 있다. 따라서 治療室內에서 사용하고 있는 대부분의 시멘트는 일회용(capsule type)으로 사용되지 않고, 사용량을 적절히 조절할 수 있는 벌크형(bulk type) 시멘트를 일반적으로 애용하고 있다.

齒科用 시멘트는 磷酸亞鉛계 시멘트, 산화亞鉛유지놀계 시멘트, 카복실레이트계 시멘트와 글래스아이오노머계 시멘트, 레진계 시멘트 그리고 수산화칼슘계 시멘트로 分類되며, 그중 磷酸亞鉛계 시멘트, 카복실레이트계 시멘트 및 글래스아이오노머계 시멘트의 液은 水分에 희석된 水溶液으로 組成되어있어, 여러가지 임상적인 상황에서 液(수분)의 증발에 의한 특성변화가 나타날 수 있다. Wilson 등¹³⁾은 제품에 따라 차이가 있으나, 磷酸亞鉛계 시멘트의 경우 용液내 水分함량이 35.5 % 이고 카복실레이트계 시멘트는 47.5 % 이며, 글래스아이오노머계 시멘트는 57.4 % 라고 하였다.

이와 같은 시멘트液을 치료실에서 장기간 사용시 液이 蒸發될 경우 나타나게 되는 시멘트의 각종 특성의 변화를 확인하기 위하여 이 研究를 實施하였다.

그러나 이러한 요인들에 관한 선학들의 연구는 매우 최소한 실정으로서, Wilson 등¹⁴⁾ (1970)은 실리케이트 시멘트 액으로 사용되는 인산수용액의 수분 함량이 각 특성에 미치는 영향에 관해서 보고하였고, Norman 등¹⁵⁾ (1970)은 시멘트액의 수분의 양을 변화시켰을 때 각종 특성의 변화를 측정 보고하였으며, Kafalias 등¹⁶⁾ (1975)은 시멘트의 액이 대기중에 노출된 경우, 피막도가 증가되었음을 보고한 바 있다.

Windeler¹⁷⁾ (1978)는 인산아연계 시멘트액이 증발되어 수분을 보충한 경우 경화시간이 단축된다고 하였으며, Crisp 등¹⁸⁾ (1975)은 글래스아이오노머계 시멘트와 카복실레이트계 시멘트의 polyacrylic acid 수용액이 시간 경과에 따른 점도의 증가와 이로 인한 겔화 현상에 대하여 보고하였다.

본 연구는 齒科用 시멘트의 액을 건조기 내에서 일정량이 되도록 증발시켜 표준 粉末-액 비

율로 혼합한 경우의 각종 성질을 확인하고, 사용자의 관점에서 粉末-액 비율을 변화시켜 표준 점조도를 얻은 후 나타나는 시멘트의 성질변화를 확인하기 위해서 계획되었다.

II. 實驗 材料 및 方法

1. 實驗 材料

본 연구에서는 시멘트액이 수용액 (Aqueous solution)으로 이루어져 있고 수분의 증발에 의해 액의 농도변화가 일어날 수 있는 齒科用 시멘트를 실험 재료로 사용하였으며, 사용된 齒科用 시멘트는 Table 1에서와 같이 인산아연계 시멘트 2종류, 폴리카복실레이트계 시멘트 2종류 및 글래스아이오노머계 시멘트 2종류, 총 6종류를 대상으로 하였다.

Table 1. Three kinds of dental cements in this study

cement	Product Name	Code	P/L ratio (gm/ml)	Batch Number	Manufacturer
Zinc phosphate cement	C&B inlay cement	IC	1* : 0.33*	P* : 260821 L* : 100632	G-C Dental Industrial Co. Japan
	Lee Smith	LS	1 : 0.38	P : 53987 N3313 L : 524272	Teledyne Getz USA
Polycarboxylate cement	Livcarbo	LC	1 : 0.50	P : 131111 L : 170621	G-C Dental Industrial Co. Japan
	Poly-F	PF	1 : 0.45	P : 921112 L : 921027	DeTray Dentsply Germany
Glass ionomer cement	Ketac-Cem	KC	1 : 0.22	P : 0265 L : 0025	ESPE-Premier Co. Germany
	Fuji-I	FJ	1 : 0.45	P : 93713B L : 930713A 130541	G-C Dental Industrial Co. Japan

* : Powder + : Liquid

2. 實驗方法

齒科用 시멘트 液의 증발에 의한 각종 성질의 변화를 관찰하기 위한 측정 항목으로 미국치과의사협회 규격 제 8 호 磷酸亞鉛계 시멘트, 제 61 호 폴리카복실레이트계 시멘트, 제 66 호 글래스 아이어노머계 시멘트를 근거로 하여 (1) 점조도, (2) 경화시간, (3) 피막도, (4) 용해도, (5) 압축강도를 선택하였다.

각 항목의 측정을 위하여 실험재료로서 새로이 개봉된 시멘트를 Table 1 에서 밝힌 바와 같이 제조자가 제시한 粉末-液의 비로 혼합한 경우 (C : Control), 시멘트 液을 10% 증발시킨 뒤 역시 제조자가 제시한 粉末-液의 비로 혼합한 경우 (ES : Evaporated Standard), 시멘트 液을 10% 증발시킨 뒤 표준 점조도와 같은 粉末-液의 비를 구하여 혼합한 경우 (EM : Evaporated Modified) 등 3가지의 실험조건을 계획하였다.

대조군인 C군의 경우는 시멘트의 개봉 즉시 실험에 사용하였으며, 실험군인 ES군 과 EM군을 만들기 위하여 각 시멘트 液을 내경 10mm, 길이 120mm 의 시험관에 10ml 넣은 뒤 밀봉하지 않은 상태에서 건조기 (Drying Oven, Dong Yang Science Co., Korea) 내에서, 건조에 의해 液의 양이 10% 증발될때까지 보관하였다.

1) 粘稠度(稠度)

표준 粉末-液 비로 혼합한 시멘트 1.5ml 를 취하여 가로 100mm, 세로 100mm, 두께 3mm 의 사각형으로 된 유리판 위에 놓고 혼합시작 60 초 후, 유리판에 2.5kg의 하중을 수직으로 가하여 두장의 유리판 사이에 있는 혼합된 시멘트가 넓게 퍼지게 하였다. 시멘트가 완전히 경화한 후 원판으로 된 시멘트의 長徑과 短徑을 2회 측정 한 평균치를 각 시멘트의 표준점조도로 하였다.

각각의 시멘트를 제조자가 제시한 粉末-液 비로 혼합한 조건 (C)에서 얻어진 점조도를 구하여 이것을 표준점조도로 하였으며, 증발된 각 시멘트의 液을 표준 粉末-液비로 혼합한 경우인 ES군의 점조도를 다시 구하여 이것을 변화된 점조도로 하고, C군의 표준점조도와 비교하였다.

그 후 증발된 각 시멘트의 液을 0.02ml 만큼씩 증량하여 粉末과 혼합하여 표준점조도와 같아지는 粉末-液의 비를 얻어 이것을 EM군의 粉末-液 비로 사용하였다.

2) 硬化 時間

높이 4.8mm, 외경 11.1mm, 내경 9.5mm의 몰드를 시료 제작용 기구로 사용하여 편평한 유리판 위에 몰드를 놓고 표준점조도로 혼합한 시멘트를 충전한 후, 혼합 시작 2분 후에 시료를 37±1℃와 습도 95% 내지 100%의 조건에 보관하였다. 혼합 시작 2분 30초 후에 중량 453.6g과 직경 1.06mm의 標準形 길모어침 (Gilmore needle)을 사용하여 垂直으로 荷重을 30초 간격으로 가하였으며, 경화시간은 室溫에서 시멘트를 혼합한 시각에서 부터 압흔이 나타나지 않을 때까지의 경과시간으로 하였다.

3) 被膜度

일정한 두께를 가진 가로, 세로 20mm 의 유리판 2개의 두께를 측정 한 후, 혼합한 시멘트를 유리판 사이에 놓는다. 혼합 시작 후 1분 30초 후에 수직으로 15kg의 하중을 가한 뒤, 혼합 시작 10분 후에 시멘트가 포함된 2장의 유리판 두께를 측정하였으며, 시멘트가 포함된 유리판의 두께에서 2장의 유리판 두께의 값을 제한 수치를 시멘트의 피막도로 하였다.

4) 溶解度

높이 1.5mm, 내경 20mm의 試料 製作用 몰드를 유리판 위에 놓고, 표준점조도로 혼합한 시멘트 0.5ml 를 몰드에 충전 후 다른 유리판으로 압접하여 상하면이 평편한 시료가 되게 하였으며, 시멘트가 굳기전 미리 무게를 측정 한 腐食되지 않는 가느다란 stainless wire(철사)를 시멘트 사이에 넣고 고정 장치물로 이용하였다. 혼합 시작 후 1시간동안 실온에서 보관한 후 몰드에서 試料를 분리하여, 전자 천평 (AJ 180, Mettler-Toledo AG, Switzerland)으로 시료의 무게를 측정 한 후 50±1 ml 의 증류수를 넣은 평량병에 試料를 넣어 37±1℃에서 24시간동안 보관하였다. 24시간 물속에 보관된 試料를 추출하여 표면에

형성된 결정의 성장흔적을 검사하고, 빈 평광병에 이를 다시 넣고, 24시간 週期로 試料가 完全히 건조될 때까지 무게를 측정하였다. 시료의 처음 무게와 최종 무게와의 차이를 溶解量으로 하고, 이를 다시 試料의 최초 무게로 나누어 100을 곱한것을 溶解度로 定하였다.

5) 壓縮強度

높이 12mm, 직경 6.0mm 의 원주형 몰드에 혼합시작 2분이내에 혼합한 시멘트를 넣고, 여분의 시멘트를 제거한 후 상면에 셀로판지를 부착하여 공기와의 접촉을 피하게 하였다. 혼합시작 2분 30초 후에 37±1°C 조건에 옮긴 후, 24시간이 경과하여 만능 강도시험기 (Instron 4467, England)에서 분당 1 mm 속도로 荷重을 加하여 각 시편의 破壞荷重을 求하였고, 아래의 公式에 의하여 압축강도를 계산하였다.

$$\text{Compressive strength (kgf/cm}^2\text{)} = \frac{F}{\pi r^2}$$

r : radius (cm)

F : Force (kgf)

점조도는 증발되지 않은 液을 제조자가 제시한 粉末-液 비로 혼합한 대조군의 경우(C군)의 것과 증발된 液을 製造會社가 提示한 粉末-液 비로 혼합한 경우 (ES군)의 것만을 비교하였으며, 다른 측정항목인 경화시간, 피막도, 용해도, 그리고 압축강도는 C 군, ES 군, EM 군의 측정결과

를 비교하였다.

III. 實驗 成績

1. 점조도(조도)

대조군과 ES군의 점조도는 Table 2 와 Fig. 1 과 같다. EM군의 점조도는 대조군의 점조도와 동일하므로 비교하지 않았다.

모든 시멘트는 증발에 의하여 점조도 수치가 작아져 점도가 증가하는 것으로 나타났다. Inlay cement는 37.27mm에서 25.30mm로, Lee Smith는 25.89mm에서 20.47mm로, Livcarbo는 37.55 mm에서 34.82mm로, Poly F는 36.42mm에서 33.06mm로, Ketac Cem은 72.74mm에서 67.48 mm로, 그리고 Fuji I은 40.11mm에서 28.10mm 로 감소하였고, 이중 통계학적으로 유의하게 점도가 증가한 것은 Inlay cement, Poly F, Ketac Cem, Fuji I 이었다.

대조군내에서만 비교하여 보면 磷酸亞鉛계 시멘트의 표준 점조도 평균은 31.58mm, 폴리카복 실레이트계 시멘트의 표준점조도 평균은 36.99 mm, 글래스아이오노머계 시멘트의 표준 점조도 평균은 56.43mm 로서 글래스아이오노머계 시멘트가 가장 묽은 것으로 나타났다.

液을 증발시켜 표준 粉末-液 비로 혼합한 ES군에서는 모두 점도가 증가하였기 때문에 표준 점조도를 얻기 위해서는 液의 사용량을 증가시켜야

Table 2. Consistency

Materials	Control groups		Evaporated standard groups	
	Mean	Standard deviation	Mean	Standard deviation
Inlay cement *	37.27	0.69	25.30	6.31
Lee Smith	25.89	1.67	20.47	6.23
Livcarbo	37.55	3.22	34.82	0.09
Poly F *	36.42	1.34	33.06	1.31
Ketac Cem *	72.74	0.39	67.48	1.28
Fuji I *	40.11	1.44	28.10	0.35

Unit : mm

* denote the significant differences between control groups and evaporating standard groups.

Consistencies

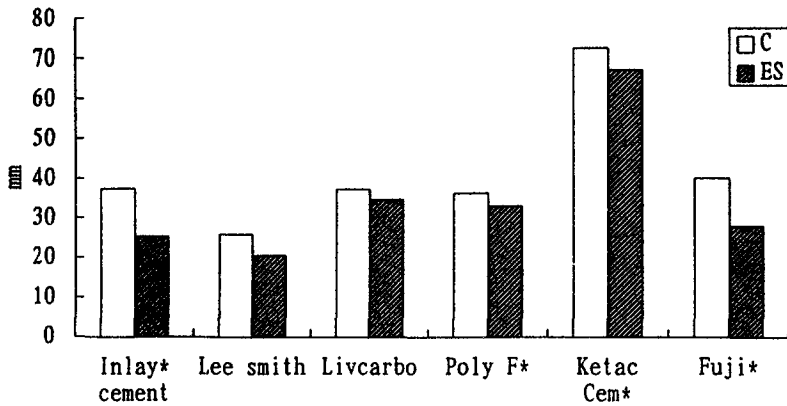


Fig 1. Comparison of consistencies between control groups and evaporated standard experimental groups. All of cements show the decreased consistency by the evaporations of cement liquids. * denote the cement groups which showed the significant decrease of consistency values (become thicker). Generally, zinc phosphate cement group is thicker one at the comparison of control groups only.

Table 3. Recommended and modified powder /liquid ratio.

Materials	Recommended ratio	Modified ratio
Inlay cement	1 : 0.33	1 : 0.39
Lee Smith	1 : 0.38	1 : 0.45
Livcarbo	1 : 0.50	1 : 0.57
Poly-F	1 : 0.45	1 : 0.53
Ketac-Cem	1 : 0.22	1 : 1.46
Fuji-I	1 : 0.45	1 : 0.59

gm : ml

했으며, 증발된 液의 사용시 표준 점조도를 얻기 위한 粉末-液 비를 Table 3에 기록 하였다.

모든 시멘트에서 증발된 液으로 표준 점조도를 얻기 위해서는 液의 사용량을 증가 시켜야 했으며, 가장 많은 증량이 요구 되는 것은 Ketac-Cem 이었다.

2. 경화시간

대조군, ES군, EM군의 경화시간을 Table 4 와 Fig. 2에 비교하였다.

Inlay cement 는 液의 증발에 의해 경화시간이 10.85min에서 11.61min으로 증가 하였으며, 변형된 粉末-液 비를 이용한 경우는 경화시간이 13.70min 으로 더욱 증가 하였다. 이와같이 液의 증발과 증량에 의하여 경화시간이 길어지는 것은 모든 시멘트에서 동일 하였다. Lee smith 는 8.85mm에서 11.24mm 그리고 16.23min으로 경화시간이 길어졌고, Livcarbo는 10.58mm, 11.76 mm, 16.48min Poly-F 는 6.00min, 17.28min, 23.40min, Ketac-Cem은 6.13min, 7.27min, 9.03 min, Fuji-I 은 4.59min, 6.17min, 6.23min 으로 모두 경화시간이 길어졌다.

대조군의 경화시간에 비해 液을 증발시켜 변형된 粉末-液 비로 혼합한 경우의 경화시간은 모든 시멘트에서 통계학적으로 유의하게 증가하였으며, 폴리카복실레이트계 시멘트에서 가장 현저하게 나타났다. 대조군 내에서 시멘트 간의

Table 4. Setting times.

Materials	Control group		Evaporated standard group		Evaporated modified group	
	Mean	Standard deviation	Mean	Standard deviation	Mean	Standard deviation
Inlay cement	10.85	0.43	11.61	0.90	13.70 *	0.96
Lee Smith	8.85	1.24	11.24 *	0.53	16.23 *	1.89
Livcarbo	10.58	1.29	11.76	1.26	16.48 *	2.50
Poly F	6.00	1.55	17.28 *	4.75	23.40 *	6.50
Ketac Cem	6.13	1.49	7.27	0.39	9.03 *	0.40
Fuji I	4.59	0.91	6.17 *	0.22	6.23 *	0.35

Unit : minute

* denote the cement groups which showed the significantly increased setting time at comparison to control group.

Setting Times

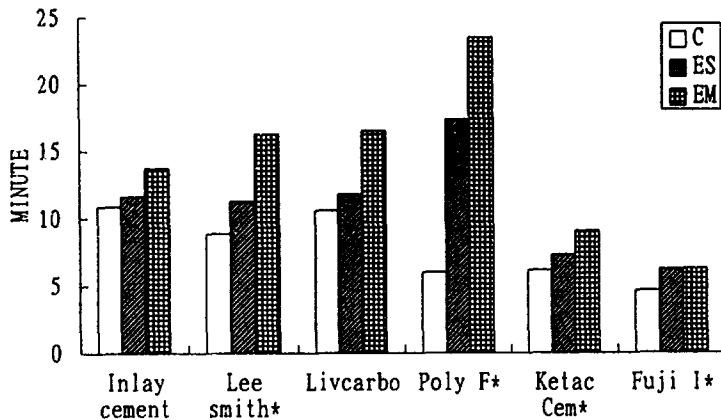


Fig. 2. Comparison of setting times. At all cements, setting times become longer by the evaporation of liquid and the increase of liquid amounts. Between control groups, glass ionomer cements show the shortest setting times.

* denote the cement groups which showed the significantly increased setting time at comparison to control group.

경화시간을 비교하면 磷酸亞鉛系 시멘트의 평균 경화시간이 9.85min 으로 가장 길었으며, 폴리카복실레이트계 시멘트가 8.29min, 글래스아이오노머계 시멘트가 5.36min 으로 경화시간이 가장 짧았다.

3. 피막도

표준 粉末-液 비를 사용하여 증발된 液을 이용한 경우 (ES) 피막도가 두꺼워졌고, 다시 증발된 液의 사용량을 증가 시키면 (EM) 피막도

Table 5. Film thicknesses

Materials	Control groups		Evaporated standard groups		Evaporated modified group	
	Mean	Standard Deviation	Mean	Standard deviation	Mean	Standard deviation
Inlay cement	26.0	4.9	42.0 *	7.5	28.3	6.9
Lee Smith	36.0	13.6	46.0	13.6	42.0	11.7
Livcarbo	32.0	16.0	36.7	4.7	20.0	8.9
Poly F	44.0	10.2	90.0 *	14.1	36.0	4.9
Ketac Cem	26.0	4.9	48.0	19.4	15.0 *	7.6
Fuji I	32.5	10.9	42.5	8.3	36.0	10.2

Unit : μm

* denote the cement groups which showed the significantly thickened film thickness at comparison to control group.

Film Thickness

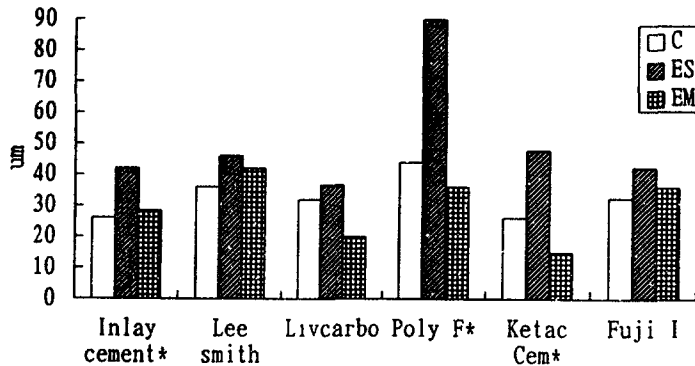


Fig 3. Comparison of film thicknesses. By the evaporations of liquid, the film thickness were increased. These phenomenons were significant on the Poly F.

* denote the cement groups which showed the significantly thickened film thickness at comparison to control group.

가 얇아지는 현상을 Table 5 와 Fig. 3 에 비교 하였다. 이러한 현상은 모든 시멘트에서 동일 하였는데, Inlay cement 는 대조군에서 26 μm 인 피막도가 ES군에서 42 μm 로 두꺼워 졌고, EM군에서는 28.3 μm 로 감소 되었다. Lee Smith 는 36 μm , 46 μm , 42 μm 로 Livcarbo 는 32 μm , 36.7 μm , 20 μm 로, Poly F는 44 μm , 90 μm , 36 μm 로, Ketac Cem은 26 μm , 48 μm , 15 μm 로, 그리고 Fuji I 은

32.5 μm , 42.5 μm , 36 μm 로 피막도가 변하여 동일한 경향을 보였다. 液의 증발에 의해 피막도가 가장 현저하게 두꺼워 지는 것은 Poly -F 였다.

4. 용해도

Table 6 과 Fig. 4 에서와 같이 齒科用 시멘트는 液의 증발에 의해 (ES) 용해도가 감소 하였으

Table 6. Solubilities

Materials	Control groups		Evaporated standard groups		Evaporated modified groups	
	Mean	Standard deviation	Mean	Standard deviation	Mean	Standard deviation
Inlay cement	0.33	0.03	0.08 *	0.05	0.11 *	0.09
Lee Smith	0.20	0.02	0.06 *	0.03	0.34	0.06
Livcarbo	0.58	0.04	0.20 *	0.12	0.43 *	0.06
Poly-F	0.77	0.05	0.53 *	0.07	0.77	0.07
Ketac-Cem	0.86	0.04	0.79	0.05	1.30 *	0.08
Fuji-I	0.24	0.04	0.04 *	0.02	0.16 *	0.02

Unit : %

* denote the cement groups which showed the significantly changed solubility at comparison to control group.

Solubilities

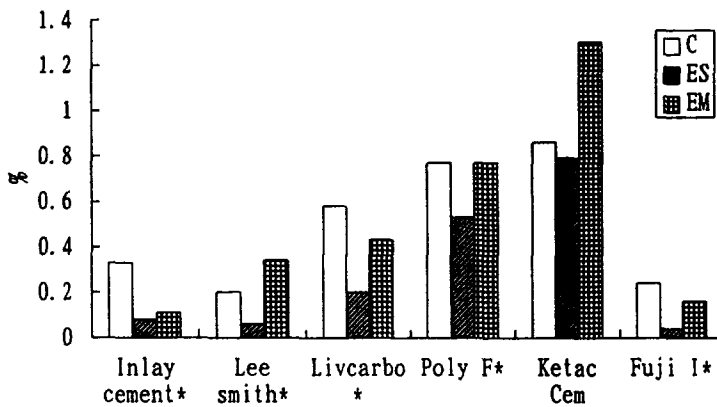


Fig. 4. Comparison of solubilities. Solubilities were decreased by the evaporations of liquids. In general zinc phosphate cements show the lower solubilities.

* denote the cement groups which showed the significantly changed solubility at comparison to control group.

나, 조작이 가능하도록 液의 양을 증가 시킨 경우 (EM) 에는 다시 용해도가 증가하는 경향을 보였다.

Inlay cement 는 대조군에서 용해도가 0.33% 였으나, 液의 증발에 의해 0.08% 로 감소하였고, 다시 液의 증량에 의해 0.11% 로 다소 증가하였다. 이러한 경향은 모든 시멘트에서 동일하여

Lee Smith 는 0.20%, 0.06%, 0.34% 로 변화였고, Livcarbo 는 0.58%, 0.20%, 0.43% 로, Poly-F 0.77%, 0.53%, 0.77% 로 변화였으며, Ketac-Cem 은 0.86%, 0.79%, 1.30%로 그리고 Fuji-I 0.24%, 0.04%, 0.16% 로 변화였다. 전반적으로 대조군에서는 磷酸亞鉛 시멘트의 용해도가 작았다.

Table 7. Compressive strengths

Materials	Control groups		Evaporated standard groups		Evaporated modified groups	
	Mean	Standard Deviation	Mean	Standard deviation	Mean	Standard deviation
Inlay cement	799.5	142.9	546.4	180.1	583.8 *	71.7
Lee Smith	544.1	144.8	572.4	142.8	701.1	49.7
Livcarbo	494.6	50.2	596.0 *	34.9	471.6	66.3
Poly-F	580.3	83.1	625.9	79.5	479.7	40.4
Ketac-Cem	495.5	127.6	377.8	36.1	276.9 *	50.8
Fuji-I	1144.9	182.1	983.7	267.1	992.2	255.0

Unit : kgf/cm²

* denote the cement groups which showed the significantly changed compressive strength at comparison to control group.

Compressive Strength

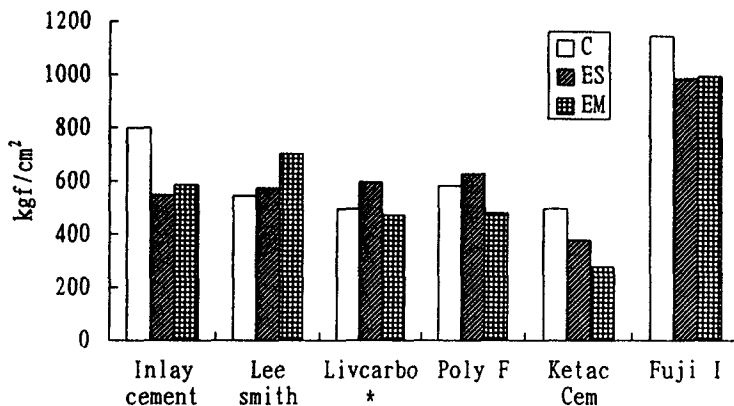


Fig. 5. Comparison of compressive strengths. By the evaporations of liquids, polycarboxylate cements show the increase of compressive strengths, glass ionomer cements show the decrease of compressive strengths.

* denote the cement groups which showed the significantly changed compressive strength at comparison to control group.

5. 압축강도

液的 증발 (ES) 과 液的 증량 (EM) 이 압축강도에 미치는 영향을 Table 7 과 Fig. 5 와 같다.

Inlay cement 는 대조군에서 799.5 kgf/cm² 인 압축강도가 液的 증발에 의해 546.4 kgf/cm² 로

감소하였으며, 다시 이 상태에서 液을 증량시켰을 때 583.8 kgf/cm² 로 약간 증가하였다. Lee Smith 는 대조군에서 544.1 kgf/cm² 인 압축강도가 液的 증발에 의해 572.4 kgf/cm² 로 거의 변화가 없었으나, 液的 증량에 의해 701.1 kgf/cm²로 증가하였다. Livcarbo는 494.6 kgf/

cm²에서 596.0 kgf/cm²로 증가 후 471.6 kgf/cm²로 약간 감소하였으며, Poly-F는 580.3 kgf/cm²에서 625.9 kgf/cm²로 증가 후 479.7 kgf/cm²로 감소하였다. Ketac-Cem은 495.5 kgf/cm²에서 377.8 kgf/cm²로 감소 후 276.9 kgf/cm²로 더욱 감소하였고, Fuji-I는 1144.9 kgf/cm²에서 983.7 kgf/cm²로 감소 후 992.2 kgf/cm²로 변화가 거의 없었다.

폴리카복실레이트계 시멘트는 액의 증발에 의해 압축강도가 약간 증가하였고, 글래스아이오노머계 시멘트는 액의 증발에 의해 압축강도가 약간 감소하였으나, 조작성을 위해 액을 증량시킨 때 (EM)는 압축강도가 감소하였다.

IV. 總括 및 考案

1878년에 紹介되어 100년 以上 接着用으로 널리 使用되고 있는 磷酸亞鉛系 시멘트는 ortho-phosphoric acid 水溶液에 알루미늄(Al)과 亞鉛(Zn)의 化合物을 粉末에 添加하여 製造된다.⁴⁾ 시럽(syrup)과 같은 점도를 가진 85% phosphoric acid 原液에 水分을 添加하여 36%가 되도록 稀釋한 後, 알루미늄과 亞鉛을 添加한 粉末은 시멘트液과의 反應性向이 緩衝되어 混合이 容易하게 使用한다. Windeler¹⁷⁾ (1978)는 磷酸亞鉛系 시멘트에 水分의 量이 증가되면 硬化시간이 단축된다고 하였고, Wilson 등¹⁴⁾ (1970)은 실리케이트 시멘트에서 磷酸의 濃도가 높고 수분의 양이 적은 경우에는 硬化時間이 늦어지며, 磷酸의 濃도가 낮고 수분의 양이 적은 경우에는 硬化시간이 단축된다고 報告한 바 있다. 本 研究의 Fig.2에서 液을 증발시켜 수분의 양이 감소된 경우는 硬化시간이 늦어지는 것으로 나타나고 있어 Wilson 등¹⁴⁾의 실리케이트 시멘트의 연구와 本 연구 결과와 유사한 결과로 나타난 것으로 알 수 있다. 그러나 Norman 등¹⁵⁾ (1970)은 시멘트液 중에서 水分이 증발될 경우 硬化시간이 다소 짧아진다는 연구보고와는 本 연구 결과는 상반된 결과로 나타났다.

1968년에 紹介된 카복실레이트系 시멘트 液의 組成은 polyacrylic acid가 32% 내지 42% 습

有된 水溶液으로 分子量은 25,000 내지 50,000 정도이며 液의 안정성을 위하여 itaconic acid와 tartaric acid가 添加되고, 높은 점도를 가진다. 물론 점도를 조절하는 방법은 分子量을 調節하는 방법과 sodium hydroxide를 이용하여 水素이온 濃度(pH)도 함께 조절하는 방법이 있으나, 本 연구의 결과 液의 증발에 의해서도 점도의 變化가 發生됨이 觀察되었다.

글래스아이오노머계 시멘트는 液의 組成이 polyacrylic acid와 itaconic acid를 2:1로 한 原液을 47.5%의 水溶液으로 製造하여 使用한다. Itaconic acid는 점도의 감소와 보관중 분자간 수소결합에 의해 나타날 수 있는 凝胶現象(gelation)을 억제하기 위해 添加한다.

Tartaric acid는 粉末중 유리입자로부터 이온의 溶出 속도를 빠르게 하여 硬化시간을 촉진시키기 위해 使用한다.¹⁹⁻²¹⁾

本 연구의 Fig. 1은 10% 증발된 液을 이용하여 시멘트 혼합시 모든 시멘트에서 점도가 증가하여 점조도 수치가 작아지는 것으로 나타났으며, 이와 같은 현상은 Table 2의 통계 결과에 나타난 것 처럼 글래스아이오노머계 시멘트의 점조도는 통계학적으로 유의하였다. 이러한 결과는 Crisp 등¹⁸⁾ (1975)의 연구에서 polyacrylic acid를 실온에서 수개월 보관하였을 경우 공기와 접촉하지 않아도 凝胶이 일어나며 시멘트 혼합에 부적당한 상태가 된다는 결과와 일치하는 것이다. 그들의 연구에서는 polyacrylic acid의 濃도가 42% 이상인 경우에 凝胶이 일어나며, 50% 濃도에서는 6개월 후에 그리고 52% 내지 55%인 경우에는 수일 이내에 凝胶이 일어난다고 하였다. 글래스아이오노머계 시멘트의 경우 polyacrylic acid의 COOH基의 중합반응에 의한 凝胶과 수분의 증발에 의한 점도의 증가로 인하여 이러한 현상이 나타난 것으로 思料되었다.

통상적으로 시멘트의 粉末-液 비를 증가시켜 혼합한 경우 점도가 증가하게 되며, 硬化시간이 짧아지게 된다. 그러나 예상과는 달리 本 연구에

서 증발시킨 液을 표준 粉末-液비로 혼합하는 경우 Fig.1 의 점도증가와 Fig.2 의 경화시간 증가가 동시에 나타났다. 즉 液의 증발에 의해 시멘트의 반응속도가 지연되었다.

증발된 液을 제조자가 제시한 표준 粉末-液비로 혼합한 경우는 Fig.1 과 같이 점도가 증가한 반면, 용해도는 Fig. 4 에서와 같이 減少하였다. 그러나 이 상태에서 液의 양을 많이 하여 혼합한 경우는 용해도가 도로 증가하였는데, 이와 같이 液의 증량에 의해 용해도가 增加한 결과는, 특히 카복실레이트계 시멘트에서 심하다고 Osborne 과 Wolff¹⁾ (1991) 가 밝힌 바 있다. Fig.4 에서는 두가지 종류의 카복실레이트계 시멘트의 용해도가 원래의 용해도 이상으로 증가함을 보이고 있다.

Wilson 등¹⁴⁾ (1970) 은 실리케이트의 경우 磷酸용액의 농도 40 % 부터 50 % 의 구간에서는 농도가 높은 경우인 물의 양이 작을 경우에 용해도가 감소되는 것으로 보고하고 있으며, 본 연구에서도 磷酸水溶液을 이용하는 磷酸亞鉛 시멘트의 경우 물의 증발에 의해 용해도가 감소하는 것으로 나타났다.

증발된 液을 제조자가 제시한 표준 粉末-液비로 혼합한 경우 Fig. 3 과 같이 피막도가 모든 경우에 증가하였다. 그러나 Windeler¹⁷⁾ (1978) 에 의하면 작업시간이 길어진 경우에 피막도가 감소한다고 하였는데, 本 研究에서는 液을 증발시킨 경우에는 경화시간이 길어졌으나, 피막도는 감소하지 않고 오히려 增加하여 수복물의 접착시 문제를 일으킬 수 있는 것으로 나타났다. Kafalias 등¹⁶⁾ (1975) 의 연구에서는 유리 연판위에 시멘트의 液을 細分하고 15분이 경과한 뒤에 시멘트를 혼합하면 피막도가 25 μm 에서 50 μm 로 증가한다고 하였다.

液이 증발함에 따라 압축강도는 磷酸亞鉛系 시멘트중 1 종에서는 감소한 반면, 다른 1 종은 증가하였고, 카복실레이트계 시멘트는 모두 증가하였으며, 그리고 글래스아이오노머계 시멘트는 감소되었다. 이에 관하여 비록 실리케이트 시멘트를 대상으로 한 연구이지만, Kent 등¹²⁾

(1971)의 연구결과에 의하면, 液의 磷酸농도를 45 %에서 54 %로 증가시켰을 경우 압축강도가 1410 kgf/cm^2 에서 2250 kgf/cm^2 으로 증가하였고 보고한 것을 보면 압축강도는 증가는 시멘트의 液의 조성중 반드시 수분의 감소로 인한 물성이 전체적으로 증가되어 나타난 결과로 사료되었다. 그러나 본 연구에서는 液이 증발함에 따라 각각의 시멘트내에서 液의 산도가 증가되어 강도의 증가가 필연적으로 나타나야 했으나, Fig.1 에서와 같이 강도가 감소되어 나타난 결과는 점도의 증가로 말미암아 혼화가 부적절하게 되어 시멘트의 내부 기포의 발생이 증가되어 오히려 강도의 감소효과가 나타난 것으로 사료된다. 글래스아이오노머계 시멘트중 Fuji-I에서 10% 液이 증발된 경우 표준 粉末-液비로 혼합한 경우와 液을 증량하여 혼합한 경우에서 압축강도의 변화가 거의 나타나지 않은 결과는 Kerby와 Knobloch²⁾ (1992)의 연구에서도 본 연구에서 사용한 동일한 재료인 Fuji-I을 대상으로 연구한 결과, 粉末의 양이 증가되어 점도가 높게 되도록 혼합한 경우와 液을 증가하여 점도가 낮게 혼합한 경우 모두에서 압축강도의 크기의 차이는 통계적 유의성이 없었음을 보고한 결과로서 해석될 수 있다.

또한 본 연구에서 실험대상에는 포함시키지 않았으나, 시멘트를 접착용 및 충전용으로 사용하는 모든 경우에 있어 본 연구의 결과를 적용시키면 시멘트의 液이 증발될 경우 각종 물리화학적 특성의 변화는 결국 齒科用 시멘트의 수복물에 대한 결합력과 변연누출발생과도 영향이 크게 미칠 것으로 사료되어 이에 관한 연구는 계속 필요한 부분이다.

V. 結 論

齒科用 시멘트를 長期間 사용시 液이 증발함에 따라 나타나는 物理的 및 化學的 性質에 미치는 영향을 알아 보기 위하여 磷酸亞鉛系 시멘트 2종과 폴리카복실레이트계 시멘트 2종 및 글래스아이오노머계 시멘트 2종 등 모두 6종의 시멘트의 粘稠度, 硬化時間, 被膜度, 溶解度, 및 壓縮

強度 등의 變化를 測定 比較하였다.

實驗條件은 上記의 6種의 齒科用 시멘트를 製造會社의 指示에 따라 표준 粉末-液 비율로 混合하여 詩篇을 製作한 對照群과 液을 건조기에 10% 증발시킨 후 표준 粉末-液 비율로 혼합하여 製作된 詩篇을 ES群, 液을 10% 증발시킨 후 液을 증량시켜 증가된 粉末-液 비율로 혼합하여 시편을 제작한 EM群으로 하여 상기의 5가지 물리, 화학적 성질을 측정 비교하여 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 표준 粉末-液에서 液이 증발됨에 따라 대조군에 비해 모든 시멘트 혼합물의 점도가 증가되었으며, 특히 글래스아이오노머계 시멘트의 점도는 현저히 증가되었다.
2. 모든 시멘트에서 液이 증발될 경우 원래의 점조도를 얻기 위해서는 液의 용량을 증가시켜야 했으며, 가장 많은 液의 증량이 요구되었던 것은 Ketac-Cem 이었다.
3. 증발된 液을 표준 粉末-液비로 혼합한 경우와, 증량된 液으로 혼합하는 경우 대조군에 비해 모두 경화시간이 증가되었다.
4. 증발된 液을 표준 粉末-液비로 혼합한 경우 (ES군)는 대조군에 비해 용해도가 감소하였고, 피막도는 증가하였다.
5. 증발된 액으로 혼합한 카복실레이트계 시멘트는 대조군에 비해 압축강도가 약간 증가하였으나, 글래스아이오노머계 시멘트는 감소하였고, 조작을 용이하도록 液의 양을 증가시킨 경우에는 압축강도가 감소되었다.

REFERENCE

1. Osborne, J.W., and Wolff, M.S. : The effect of powder/liquid ratio on the in vivo solubility of polycarboxylate cement, *J.Prosthet.Dent.*, 66 : 49-51, 1991.
2. Kerby, R., and Knobloch, L. : Strength characteristics of glass-ionomer cements, *Oper.Dent.*, 17 : 170-174, 1992.
3. Billington, R.W., Williams, J.A., and Pearson, G.J. : Variation in powder/liquid ratio of restorative glass-ionomer cement used in dental practice,

Br.Dent.J., 169 : 164-167, 1990.

4. Stevens, L. : The properties of four dental cements, *Aust.Dent.J.*, 20 : 361-367, 1975.
5. Brune, D., and Smith, D. : Microstructure and strength properties of silicate and glass ionomer cements, *Acta Odontol.Scand.*, 40 : 389-396, 1982.
6. Mesu, F.P. : The effect of temperature on the compressive and tensile strengths of cements, *J.Prosthet.Dent.* 49 : 59-62, 1983.
7. Drummond, J.L., Lenke, J.W., and Randolph, R.G. : Compressive strength comparison and crystal morphology of dental cements, *Dent.Mater.*, 4 : 38-40, 1988.
8. Barry, T.I., Clinton, D.J., and Wilson, A.D. : The structure of a glass-ionomer cement and its relationship to the setting process, *J.Dent.Res.*, 58 : 1072-1079, 1979.
9. Cartz, L., Servais, G., and Rossi, F. : Surface structure of zinc phosphate dental cements, *J.Dent.Res.*, 51 : 1668-1671, 1972.
10. Stephen, C., Lewis, B.G., and Wilson, A.D. : Zinc polycarboxylate cements : A chemical study of erosion and its relationship to molecular structure, *J.Dent.Res.*, 55 : 299-309, 1976.
11. Hill, R.G., and Wilson, A.D. : A rheological study of the role of adhesives on the setting of glass-ionomer cements, *J.Dent.Res.*, 67 : 1446-1450, 1988.
12. Kent, B.E., Lewis, B.G., and Wilson, A.D. : Dental silicate cements : XIV. Crazing, cement properties, and liquid composition, *J.Dent.Res.*, 50 : 400-404, 1971.
13. Wilson, A.D., Padon, J.M., and Crisp, S. : The hydration of dental cements, *J.Dent.Res.*, 58 : 1065-1071, 1979.
14. Wilson, A.D., Kent, B.E., Batchelor, R.F., Scott, B.G., and Lewis, B.G. : Dental silicate cements : XII. The role of water, *J.Dent.Res.*, 49 : 307-314, 1970.
15. Norman, R.D., Swartz, M.L., Phillips, R.W., and Sears, C.R. : Properties of cements mixed from liquids with altered water content, *J.Prosthet.Dent.*, 24 : 410-418, 1970.
16. Kafalias, M.C., Swartz, M.L., and Phillips, R.W. : Effect of manipulative variables on the properties of a polycarboxylate cement, *Aust.Dent.J.*, 20 : 73-77, 1975.
17. Windeler, A.S. : The use of film thickness to measure working time of zinc phosphate cements, *J.Dent.Res.*, 57 : 697-701, 1978.
18. Crisp, S., Lewis, B.G., and Wilson, A.D. : Gelation

- of polyacrylic acid aqueous solutions and the measurement of viscosity. *J.Dent.Res.*, 54 : 1173-1175, 1975.
19. Kent, B.E., Lewis, B.G., and Wilson, A.D. : The properties of a glass ionomer cement, *Br.Dent.J.*, 135 : 322-326, 1973.
20. Wilson, A.D., Crisp, S., and Ferner, A.J. : Reactions in glass-ionomer cements : IV. Effect of chelating comonomers on setting behavior, *J.Dent.Res.*, 55 : 489-495, 1976.
21. Smith, D.C. : Composition and characteristics of glass ionomer cements, *J.Am.Dent.Assoc.*, 120 : 20-22, 1990.