

# 한국치과계에서 사용되고 있는 각종 치과용시멘트의 특성에 관한 비교연구

—압축 및 인장강도에 관한연구—

서울대학교 치과대학 치과재료학교실  
김 철 위

## COMPARATIVE STUDIES ON THE CHARACTERISTICS OF VARIOUS DENTAL CEMENTS USED IN KOREA

### A STUDY ON THE COMPRESSIVE AND TENSILE STRENGTHS

Cheol-We Kim, D. D. S., M. S. D., Ph. D.

*Dept. of Dental Materials, College of Dentistry, Seoul National University.*

.....> Abstract <.....

The purpose of this present research was to measure the rate of development of compressive and tensile properties of various dental cements.

Fourteen commercial dental cements, including zinc phosphate, zinc oxide eugenol, carboxylate and calcium hydroxide cements, were tested and compared.

Test specimens were prepared in 6×12mm cylindrical split brass molds and the cement specimens were stored in an atmosphere of 23±2°C at 100 per cent relative humidity and were tested, using a Instron Universal Testing Machine, to determine compressive and tensile strength.

Compressive strength was tested with the load applied axially long the cylindrical specimen with the strain rate controlled by maintaining a constant cross head speed of 0.20 mm/min. A diametral compression test was employed for examining tensile strength.

Specimens of each material were tested after one day, one week, one month, and three months storage. A minimum of seven specimens were tested for each material and those which deviated more than 15 per cent from the mean were discarded and new specimens prepared.

The following conclusions may be drawn from this study.

- 1) Zinc phosphate cements showed the highest strength and was followed by carboxylate cements and zinc oxide eugenol cements. Calcium hydroxide cements was the lowest among the four categories tested.

\* 이 연구는 1978년도 문교부 학술연구조성비에 의하여 수행되었음.

- 2) Calcium hydroxide cements possessed the greatest tensile strength to compressive strength ratio and was followed by carboxylate cements, zinc oxide eugenol cements and zinc phosphate cements.
- 3) Each of dental cements showed an rise in compressive strength with time, while the tensile strength remained relatively constant with time.
- 4) The differences in the values expressed for all four categories up to at least one week was highly significant.

## 제 1 장 서 론

치과영역에서 가장 널리 사용되고있는 치과용 시멘트는 치과보철물의 합착, 와동이장제, 단열제, 일시충전제, 근관충전과 치수절환 처치등 그 사용목적에 따라 10여종 이상으로 분류되고 있으며, 근래에는 인산아연제, 시멘트보다 자극이 적은 아연화유지놀제, 카복실레이트제 및 폴리에틸렌릭제 시멘트를 사용하는 경향이 점차 증가되고 있다.

치과용 시멘트는 치수노출이 우려되는 경우 열에대한 자극이나 산 또는 유독성 물질로 부터 치수를 보호하고 또 보호층을 형성하여 치수의 손상이나 시술후 동통을 감소시키며 우식이 심할때나 치질의 손상이 많은경우 결손부분을 각종 치과용 시멘트로 회복한 후에 영구 접착을 하게된다.

그러므로 치과용 시멘트가 충분한 강도를 갖고있지 못하면 아말감을 충전할 때 치수와 직접 접촉하게 되고, 저작력에 저항하지 못하여 파괴나 변형되므로 이장제, 단열제 및 접착제로서의 효과는 상실된다.

치과용 시멘트의 강도에 관하여는, Swartz의 3인<sup>1)</sup>, Savignac의 2인<sup>2)</sup>, Kafalias의 2인<sup>3)</sup>, Wilson<sup>4)</sup>, 및 Bryant와 Wing<sup>5)</sup>등이 발표하였는데 Plant와 Wilson<sup>6)</sup>, Phillips의 2인<sup>7)</sup>, Bryant와 Wing<sup>8)</sup> 등은 시간경과에 따르는 강도변화를 실험하였고, Berenbaum과 Brodie<sup>9)</sup>, Roydhouse와 Lewis<sup>10)</sup>는 인장 및 전단강도를, Swartz와 Phillips<sup>11)</sup>, Beech<sup>12)</sup>, Oldham의 2인<sup>13)</sup>, Richter의 2인<sup>14)</sup>, Stevens<sup>15)</sup>등은 접착력과 유지력을 측정하였고, Chong의 2인<sup>16)</sup>, Bryant와 Wing<sup>8,17)</sup> 등은 아말감을 충전할 때 각종이장제의 변형과 이동을 측정한바 있다.

또한 Weiss<sup>18)</sup>, Brauer의 2인<sup>19)</sup>, Roland의 2인<sup>20)</sup>, Messing<sup>21)</sup>, Phillips와 Love<sup>22)</sup>, Brauer의 2인<sup>23)</sup>, Civizan과 Branger<sup>24)</sup>, Coleman과 Kirk<sup>25)</sup>, Civizan과 Brauer<sup>26)</sup>, Brauer의 2인<sup>27,28)</sup>, Myers<sup>28)</sup> 등은 여러가지 보강제를 사용하여 시멘트 강도에 큰 변화를 가져온바 있

고 Mizrahi와 Smith<sup>30)</sup>, Ady와 Fairhurst<sup>31)</sup>, Stevens<sup>32)</sup>, Bryant와 Wing<sup>33)</sup>, 및 Chan의 2인<sup>34)</sup> 등은 각종 치과용 시멘트의 결합강도를 측정하였으며, 김<sup>35)</sup>도 현재 국내 치과에서 사용되는 10여종의 치과용 시멘트 상호간의 결합강도를 비교실험한바 있다.

그러나 국내치과계에서는 치과용 시멘트의 제반 실험에 관한 자료가 희소하며 규격제정도 검토 단계에 있다.

따라서 본 실험은 현재 한국내 치과계에서 사용되고있는 각종 치과용 시멘트를 자료로 시간경과에 따르는 압축 및 인장강도를 Instron 시험기를 이용하여 비교측정한바 있어, 그 결과를 보고하는 바이다.

## 제 2 장 실험재료및 방법

### 1. 시료제작

현재 한국내에서 시판되고있는 치과용인산아연제 시멘트에서 5종, 아연화유지놀제 시멘트에서 5종, 카복실레이트제 시멘트에서 3종과 수산화칼슘제 1종등, 14종을 실험자료로 하였으며(제 1 표), 실험에 사용된 시편은 Norman의 3인<sup>36)</sup>, Brauer의 2인<sup>29)</sup>, Phillips의 2인<sup>7)</sup>, Plant와 Wilson<sup>6)</sup>, Kafalias의 2인<sup>3)</sup>, Wilson<sup>4)</sup>, 보견사회보고서 제23호<sup>37)</sup> 및 미국치과의사협회규격 제 8 호<sup>38)</sup>, 제30호<sup>40)</sup> 등의 방법에 따라 6.0mm×12.0mm의 시편제작용 주형(I-002, Seiki-Sha Co, Japan) (제 1 도) 안에 각각 표준점주도(제 1 표)로 혼합한 시멘트를 주입하여 원주형 시편을 제작하였으며, 실험전 까지 23±2.0°C와 100%의 비례습도의 조건에 보관하였다. 이 방법으로 시편제작후 시간경과에 따라 1일에서 1주일, 1개월, 3개월등 4개군으로 구별하여 최소 1조에 7개 이상씩 즉, 인산아연제 시멘트군에서는 344개, 아연화유지놀시멘트군에서는 241개, 카복실레이트 시멘트군에서는 171개와 수산화칼슘제 시멘트군에서는 40개등 총 796개를 제작하여 실험에 사용하였다.

### 2. 측정방법

강도측정은 Phillips의 2인<sup>7)</sup>, Plant와 Wilson<sup>6)</sup>, Ka-

Table 1. Commercial products investigated for strength.

Materials	Powder-liquid portion (gm/ml)	Manufacturer and/or distributor
<b>Zinc phosphate cements</b>		
Ash C. A. S.	1.20-1.65/0.5	Amalgamated Dental, England
D.H. Zinc Cement	1.3-1.4/0.5	D.H. Dental Mfg, Co., Korea
G-C's Crown & Bridge Cement	1.3-1.4/0.5	G-C Dental Industrial Corp., Japan
Lee Smith Zinc Cement	1.3-1.4/0.5	Lee Smith Co., U. S. A.
Shofu Super Cement	1.5/0.5	Shofu Dental Mfg, Co., Japan
<b>Zinc oxide-eugenol cements</b>		
Fynal	2.5-3.0/1.0	L. D. Caulk Co., U. S. A.
IRM	6.0/1.0	L. D. Caulk Co., U. S. A.
Kalzinol	1.7-2.5/0.4	Amalgamated Dental, England
Opotow Alumina EBA	1 level scoop of powder/4 drops of liquid	Teledyne Dental, Getz-Opotow Division, U. S. A.
Zebacem	4.5/1.0	Amalgamated Dental, England
<b>Calcium hydroxide</b>		
Dycal	Equal lengths of both paste	L. D. Caulk Co., U. S. A.
<b>Carboxylate cement</b>		
Carbo Cement	0.9/0.5	Shofu Dental Mfg, Co., Japan
Poly-F	0.8-1.1/0.5	Amalgamated Dental, England
G-C's Carbolit 100	1.6-1.7/1.0	G-C Dental Industrial Corp, Japan

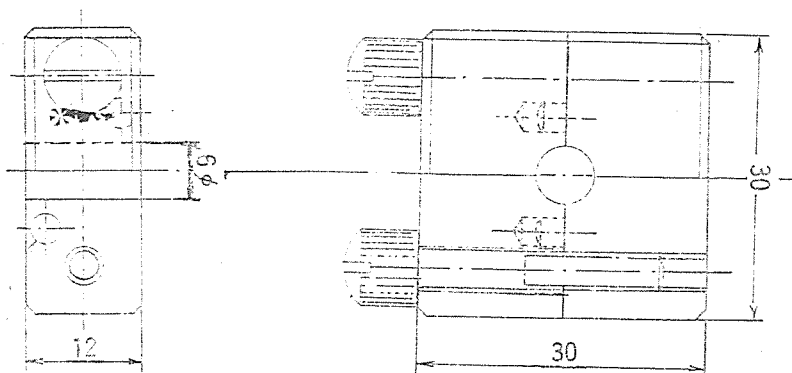


Fig. 1. Mold for preparation of compressive and tensile strength test specimens.

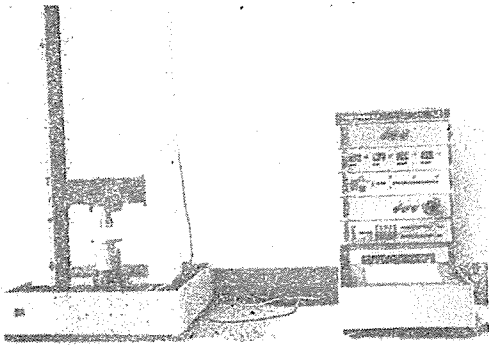


Fig. 2. Instron Universal Testing Machine, Model 1122, England.

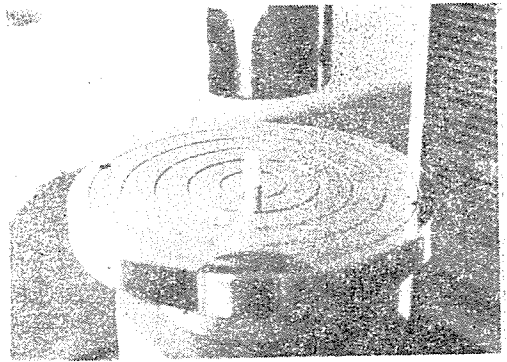


Fig. 3. Platens and specimen in position on Instron Testing Machine.

falias의 2인<sup>3)</sup>, Swartz의 3인<sup>1)</sup> 등의 방법에 따라 Instron 시험기 (Instron Universal Testing Instrument, Model 1122, England) (제 2 도)의 상하면압반사이에 6.0mm×12.0mm의 원주형 시편을 고정하고(제 3 도), 5kg의 하중을 0.2mm/min의 속도로 가하면서 시편이 파괴될때의 수치를 시험기에 부착되어있는 기록장치에서 측정하여 압축강도를 산출하였으며, 인장강도는 Berenbaum과 Brodie<sup>9)</sup>, Rudnick의 2인<sup>41)</sup>, Sweeney와 Burns<sup>42)</sup>, Phillips의 2인<sup>7)</sup>, Greener의 2인<sup>43)</sup>, Phillips<sup>44)</sup>, Kafalias의 2인<sup>3)</sup>, Stevens<sup>15)</sup>, Bryant와 Wing<sup>39, 8, 5)</sup> 및 김<sup>36)</sup> 등의 방법에 따라 diametral-compression test로서 측정하였으며 여기에 사용된 공식은 아래와 같다.

$$\sigma_x = \frac{2P}{\pi D l}$$

P = the applied compressive load

D = specimen diameter

l = length of rod

$\sigma_x$  = tensile stress in diametral compression

### 제 3 장 실험성적 및 고찰

#### 1) 인산아연계 시멘트의 강도

5종의 인산아연계 시멘트에서 압축 및 인장강도를 측정한 결과는 제 2 표 및 제 4.5 도와 같다.

압축강도는 전반적으로 1주(679.79)에서 가장 높았고, 1개월(521.36)에 감소하다가 3개월(579.83)에 다시 증가하는 경향을 보였다. 품목별로는 1일에는 거의 모두 비슷하였으나 1주에서 Lee군(769.63), 1개월에는 G-C군(603.32) 및 3개월에는 Shofu군(713.61)이 가장 높았고, 1주에서 Shofu군(559.09), 1개월에 DH군(414.01) 및 3개월에서 Lee군(528.82)이 가장 낮았다. 미국치과의사협회규격 제 8 호<sup>38, 39)</sup>에서 압축 강도는 24시간후

최소 700~765.3 kg/cm<sup>2</sup>을 필요로 하나 이 실험에서는 전반적으로 낮은 수치를 보였다.

인장강도는 시간차이에 따라 큰 변화는 없었는데 1주(46.66)에서 가장 높았고, 1개월(46.01), 1일(43.64) 및 3개월(42.97) 등의 순위로 나타났다. 품목별로는 1주에서 가장 큰 차이가 있어 Shofu군(64.16)이 가장 높았고 DH군(32.21)이 가장 낮은 반면 3개월에서는 큰 차이를 볼 수 없었다. Phillips<sup>42)</sup>는 인산아연계 시멘트의 압축강도는 액에 혼합하는 분말의 양이 증가함에 따라 상승된다고 하였고, 혼합시작에서 1시간후 강도는 최대강도의 75%에까지 이른다고 하였다. 또 인산아연계 시멘트는 합착제로 사용할때는 강도가 충분하나 교합압을 직접 받게될 경우는 충분히 저항할 수 없다고 하였다. Paffenbarger의 2인<sup>45)</sup>은 인산아연계 시멘트는 혼합후 1일 이내에 충분한 강도를 얻을 수 있다고 하였으며 또 시멘트액에 수분을 흡수하거나 증발하는 흡습성이므로 조작용에 따라 성질이 변한다고 하였다. Norman<sup>46)</sup>도 액에서 1%의 수분변화는 압축 및 인장강도를 거의 5% 감소시킨다고 하였다.

#### 2) 아연화유지늘계 시멘트의 강도

5종의 아연화유지늘계 시멘트에서 압축 및 인장강도를 측정한 결과는 제 3 표 및 제 6.7 도와 같다. 압축강도의 경우 1주(390.15)까지 증가하였으나 시간경과에 따라 1개월(370.08)과 3개월(383.55)에는 감소되었다. 품목별로는 1일(308.31)에는 큰 차이가 없었으나, 1주에서 EBA와 알루미늄을 보강한 Opotow군(502.47)이 가장 높았고, Kalzinol군(242.39)은 가장 낮았다. 특히 Zeba군은 1일에 278.48이나 3개월에는 596.60으로 시간경과에 따라 계속 증가 현상을 보였고, Kalzinol군은 시차에 따르는 큰 변화는 없었다. 제 4 도에서 인산아연계 시멘트는 3개월에 다시 증가되는 반면, 아연화유지늘계

Table 2. Compressive and tensile strengths of some zinc phosphate cements.

Materials	Age of specimens							
	Compressive strength Kg/Cm <sup>2</sup>				Tensile strength Kg/Cm <sup>2</sup>			
	24 HR	1 WK	1 MO	3 MO	24 HR	1 WK	1 MO	3 MO
Ash C. A. S.	513.09	634.63	460.72	465.67	35.39	37.83	31.85	38.58
D. H. Zinc Cement	583.86	707.71	414.01	548.47	30.97	32.21	43.36	45.84
G-C's Crown & Bridge Cement	530.78	707.91	603.32	642.60	54.86	53.80	43.36	40.59
Lee Smith Zinc Cement	480.65	769.63	575.01	528.82	42.12	45.31	53.98	40.11
Shofu Super Cement	566.17	559.09	553.78	713.61	54.86	64.16	57.52	49.77
Average	534.91	679.79	521.36	579.83	43.64	46.66	46.01	42.97

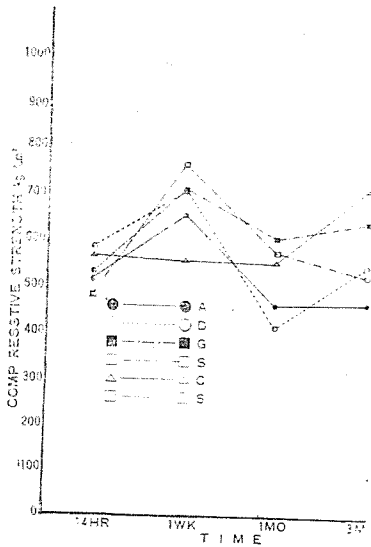


Fig. 4. Compressive strength values for zinc phosphate cements; — A, Ash C. A. S.; D, D. H. zinc cement; G, G-C's crown & bridge cement; L, Lee Smith zinc cement; S, Shofu super cement.

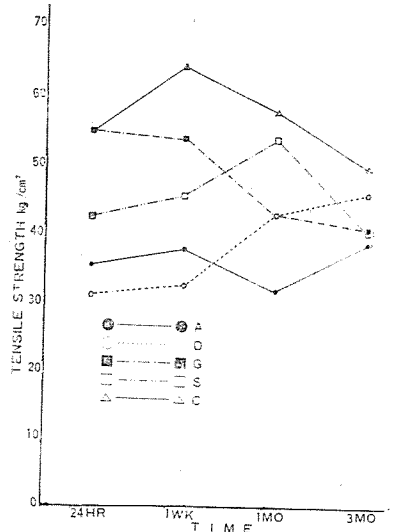


Fig. 5. Tensile strength values for zinc phosphate cements; — A, Ash C. A. S.; D, D. H. zinc cement; G, G-C's crown & bridge cement; L, Lee Smith zinc cement; S, Shofu super cement.

시멘트에서는 1주에서 3개월까지 큰 변화가 없었다. Bryant와 Wing<sup>6)</sup>은 최대 압축강도는 1시간후에 나타나며 그후 점차로 감소된다고 하였다.

인장강도는 1일이 32.66, 1개월이 36.37, 3개월이 41.69로서 시차에 영향을 받지 않고 비교적 일정하게 나타났다. 품목별로는 Opotow군이 1일에 38.05이나 3개월에는 68.14로서 계속 증가하였고, Fynal군과 Zeba군은 비교적 같은 폭선으로 약간씩 증가하는 반면, PM-MA와 초산이 보강된 IRM은 1일에 38.67이나 3개월은 31.26으로 시차에 따라 감소되었다. Kalzinol군은 1일에는 20.53이나 3개월은 22.12로서 변화가 없었고, 오

히려 Kalzinol군에서 1일부터 1주일로 가면서 강도는 감소되었다. Bryant와 Wing<sup>6)</sup>은 아연화유지늘계 시멘트에서 강도는 첨가제와 반응촉진제에 따라 차이가 있으며 1일에서 1주일 사이 강도는 현저히 감소되므로 최대의 효과를 얻기 위하여는 곧 영구회복물을 충전해야 된다고 하였다. Bryant와 Wing<sup>17)</sup>은 아말감을 충전할 때 각종 이장제의 상태를 관찰한바 unmodified 아연화유지늘계는 크게 변형되었으나 modified 아연화유지늘계 시멘트는 파절이나 변형이 없었으며 특히 Opotow EBA 시멘트는 가장 변형이 적었다고 하였다. Chong의 2인<sup>16)</sup> 및 Bryant와 Wing<sup>6)</sup>은 첨가제로 가공된 아연화

유지놀계는 인산아연계 시멘트보다 강하지 않다고 하였고, 아연화유지놀 및 수산화칼슘계는 인산아연계 시멘트보다 강도는 낮으나, 이장계로서 사용했을때 생물학적 친화력 때문에 강도는 충분히 유지된다고 하였다. Bryant와 Wing<sup>33)</sup>는 Opotow EBA의 인장강도는 73 kg/cm<sup>2</sup>이나 Dycal과 결합될때 오히려 23~33 kg/cm<sup>2</sup>으로 감소된다고 하였고, Mosteller<sup>47)</sup>는 아말감을 충전할때 최대압력은 560 kg/cm<sup>2</sup>이나, Greener의 2인<sup>43)</sup> 및 Harvey와 Petch<sup>48)</sup> 등은 아연화유지놀계의 압축강도는 불과 100~240 kg/cm<sup>2</sup>이며 Swartz<sup>1)</sup>는 인산아연계가 12,000~15,000 psi에 비해 100~4,000 psi 밖에 안된다고 하였다. Phillips<sup>49)</sup>는 아연화유지놀계의 압축강도는 385

kg/cm<sup>2</sup>으로 아말감의 충전압이나 교합압에 저항하기 위하여는 인산아연계 시멘트로 이장을 해야된다고 하였다. 최근 유지놀을 에톡시안식향산으로 대체하거나 또는 분말의 일부를 광물성 충전제나 합성수지로 보강함으로써 높은 강도를 얻고 있는데, Smith<sup>49)</sup>는 반응제, 첨가제 및 충전제로 조절한다 하였고, Roland의 2인<sup>20)</sup>, Brauer의 2인<sup>23,27)</sup> 및 Weiss<sup>18)</sup> 등은 석영, 알루미늄, 로진, 인산칼슘, 폴리스티렌, 폴리메틸메타크릴레이트 및 에톡시안식향산등 여러 첨가제가 사용된다고 하였다. Civizan과 Branger<sup>24)</sup>는 분말의 20%를 미립자의 석영과 유지놀의 2/3를 에톡시안식향산으로 대체 하였을때 강도는 크게 증가 되었으며, Smith<sup>50)</sup>는 유지놀에 초산, 초

Table 3. Compressive and tensile strengths of some zinc oxide-eugenol cements.

Materials	Age of specimens							
	Compressive strength Kg/Cm <sup>3</sup>				Tensile strength Kg/Cm <sup>2</sup>			
	24 HR	1 WK	1 MO	3 MO	24 HR	1 WK	1 MO	3 MO
Fynal	302.90	329.08	286.62	287.06	38.93	40.48	33.85	37.90
IRM	331.51	403.39	373.32	386.21	38.67	46.90	41.06	31.26
Kalzinol	238.14	242.39	221.51	216.91	20.53	18.05	17.87	22.12
Opotow Alumina EBA	390.30	502.47	429.34	430.99	38.05	53.39	45.75	68.14
Zebacem	278.48	473.46	539.63	596.60	27.16	46.60	43.36	48.96
Average	308.31	390.15	370.08	383.55	32.66	41.08	36.37	41.69

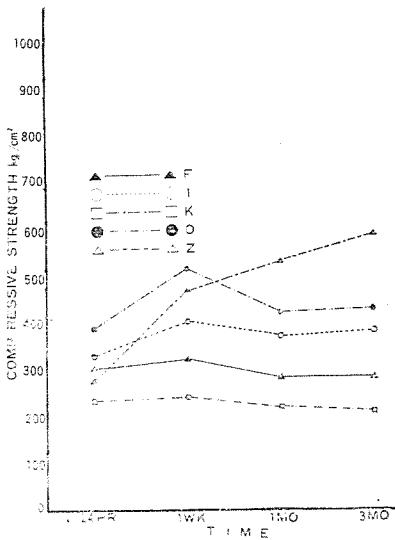


Fig. 6. Compressive strength values for zinc oxide-eugenol cements: — F, Fynal; I, IRM; K, Kalzinol; O, Opotow alumina EBA; Z, Zebacem.

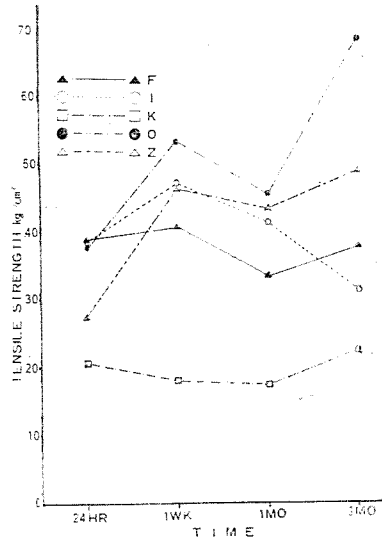


Fig. 7. Tensile strength values for zinc oxide-eugenol cements; — F, Fynal; I, IRM; K, Kalzinol; O, Opotow alumina EBA; Z, Zebacem.

산 아연 같은 경화촉진제와 수지를 넣어 압축강도를 3,000psi로 높였고, 또 분말에 polymethyl methacrylate의 합성수지를 넣어 압축강도를 5,000~6,000 psi로 하였고, Brauer의 2인<sup>27)</sup>은 압축강도가 140 kg/cm<sup>2</sup>일 때 분말에 로진을 넣어 385 kg/cm<sup>2</sup>으로 증가시켰었고, Roland의 2인<sup>28)</sup>은 제 2인산 칼슘을 넣었을 때 강도는 300%까지 증가되었으며, Goings과 Mitchem<sup>51)</sup>은 polystyrene을 넣어 강도를 증가시켰다고 하였고 또 Brauer의 2인<sup>27)</sup>은 산화알루미늄을 혼합할 경우 강도는 358 kg/cm<sup>2</sup>에서 990 kg/cm<sup>2</sup>으로 증가하여 석영보다 우수하였고, 석영은 EBA와 유사하다고 하였다. Goings과 Mitchem<sup>51)</sup>은 산화알루미늄을 혼합할 경우 석영보다 많은 분말을 넣을 수 있으므로 강도를 높일수 있다고 하였다.

### 3) 카복실레이트 및 수산화칼슘계 시멘트의 강도

3종의 카복실레이트계 시멘트와 1종의 수산화칼슘계 시멘트에서 압축 및 인장강도를 측정한 결과는 제 4 표 및 제 8, 9도와 같다. 압축강도는 카복실레이트계 시멘트에서 1주까지 (436.58) 증가 하였다가 시간경과에 따라 서서히 감소되었고 품목별로는 Carbo, Poly 및 G-C 3개군 모두 유사한 곡선을 보였다. Dycal은 1일부터 서서히 감소되었다.

인장강도는 카복실레이트계 시멘트에서는 1주(47.88)에서 가장 높았고, 1개월(35.67)에 감소하다가 3개월(40.04)에 약간 증가되었다. 품목별로는 Carbo군과 G-C군은 시간경과에 따라 거의 비슷한 곡선을 보이고 있는 반면, Poly F군은 오히려 1주에 49.55로 최대로 감소하였다가 1개월에 63.27로 다시 증가하였다. Dycal은 1주에는 3.54로 감소 하였으나 1개월에는 약간 증가 하였다가 다시 감소 하였다. Messing<sup>21)</sup>, Coleman과 Kirk

<sup>25)</sup>는 아연화유지늘계와 수산화칼슘계 시멘트에서 강도는 가장 낮다고 하였고, Bryant와 Wing<sup>8)</sup>은 Dycal과 Hydrex의 압축과 인장강도를 인산아연, 아연화유지늘계와 비교측정한바, 수산화칼슘계 시멘트가 가장 낮어 7분후 압축강도는 60 kg/cm<sup>2</sup>, 인장강도는 15 kg/cm<sup>2</sup>이라고 하였으나, Chong의 2인<sup>19)</sup>은 이장계로서 압축강도는 단지 7~12 kg/cm<sup>2</sup>이상이면 아말감을 충전할 때 저항된다고 하였다. Bryant와 Wing<sup>17)</sup>은 아말감을 충전할 때 외동안에서 각종 이장계의 이동을 조사한바 Hydrex에서 파절이나 이동현상이 전혀 없다고 하였다. Grieve<sup>52)</sup>, Richter의 2인<sup>14)</sup>은 카복실레이트계는 압축강도는 낮으나 유지력은 인산아연시멘트와 비교된다고 하였다. Myer<sup>28)</sup>는 치과용 시멘트의 압축강도는 562 kg/cm<sup>2</sup>이면 충분하다고 하였는데 Phillips의 2인<sup>7)</sup>은 인산아연계에서 1주일은 압축강도는 900 kg/cm<sup>2</sup>이나 카복실레이트계는 373kg/cm<sup>2</sup> 밖에 안된다고 하였고, Smith<sup>53)</sup>, Richter의 2인<sup>14)</sup>, Grieve<sup>52)</sup>, Mortimer와 Tranter<sup>54)</sup>도 인산아연계 시멘트 보다는 낮다고 하였다. 그러나 Stevens<sup>15)</sup>은 금합금구조체와 치아간의 결합력을 실험한바 카복실레이트계가 가장 강하였고, 인산아연계와 PMMA나 EBA를 보강한 아연화유지늘계 시멘트는 차이가 없었다고 하였다. Smith<sup>49, 53)</sup>는 카복실레이트계의 인장강도는 인산아연계나 EBA계 시멘트 보다 20~30% 높다고 하였다. Stevens<sup>22)</sup>는 각종 시멘트의 유지력을 측정한바 카복실레이트계는 인산아연계 시멘트와 많은 차이는 없다고 하였다. Mortimer와 Tranter<sup>54)</sup>도 인산아연계나 카복실레이트계의 강도는 유사하다고 하였으나 그러나 Phillips의 2인<sup>7)</sup>은 인장강도는 인산아연계 시멘트 보다 낮다고 하였다.

Table 4. Compressive and tensile strengths of some calcium hydroxide and carboxylate cements.

Materials	Age of specimens							
	Compressive strength Kg/Cm <sup>2</sup>				Tensile strength Kg/Cm <sup>2</sup>			
	24 HR	1 WK	1 MO	3 MO	24 HR	1 WK	1 MO	3 MO
Carboxylate cements								
Carbo cement	357.39	450.58	377.92	315.54	28.31	53.09	25.93	31.19
Poly-F	435.95	507.43	447.18	434.53	62.39	49.55	63.27	55.31
G-C's Carbolit	270.95	351.73	325.54	215.85	17.52	41.00	17.82	33.62
Average	354.76	436.58	383.54	321.97	36.07	47.88	35.67	40.04
Calcium hydroxide								
Dycal	38.21	37.15	31.14	24.77	3.71	3.54	5.31	3.36

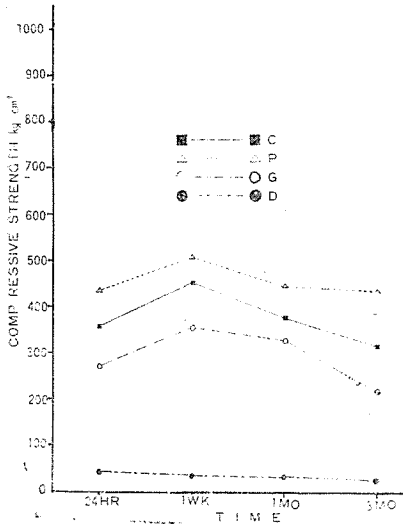


Fig. 8. Compressive strength values for calcium hydroxide and carboxylate cements; — C, Carbo cement; P, Poly-F; G, G-C's Carbolit; D, Dycal.

#### 4) 압축 및 인장강도와와의 관계

각종 치과용 시멘트에서 시간경과에 따르는 압축 및 인장강도를 비교한 결과는 제9, 10도와 같다. 압축강도는 인산아연계에서 가장 높았고, 수산화칼슘계 시멘트에서 가장 낮았다. 또 아연화유지늘계, 카복실레이트계 시멘트는 시간경과에 따라 강도에 큰 차이를 보이지 1주에 가장 높았고 그외는 시간차이에 의한 변화는 없었다. Phillips의 2인<sup>7)</sup>은 시차에 따르는 강도변화를 측정할 때 인산아연계가 카복실레이트계 시멘트보다 2배 이상 강하였는데 특히 1주에서 인산아연계의 평균 압축강도는 12,800 psi이나 카복실레이트계 시멘트는 5,300 psi라고 하였고, 또 인산아연계는 1개월까지 서서히 증가하다가 3개월에는 낮아지는 반면, 카복실레이트계 시멘트는 1일에서 3개월까지 서서히 증가한다고 하였다. 제10도에서 인장강도는 압축강도 보다는 낮으나 거의 유사한 수치로 보였다. 수산화칼슘계 시멘트는 압축강도에서와 같이 가장 낮은 강도를 보이었으며, 시차에 따르는 변화는 없었으나 3개월에는 감소되었다. 또 인산아연계 시멘트와 카복실레이트계 시멘트에서 시차에 따르는 인장강도의 변화를 비교한바 diametral-compression 측정에서는 인산아연계 시멘트가 높았으나 conventional-tensile 실험에서는 비슷한 결과로 나타났다고 하였다. 제9, 10도에서 압축과 인장강도의 관계를 비교하면, 인산아연계에서 12.9 : 1.0, 아연화유지늘계에서 9.6 : 1.0, 카복실레이트계에서 9.3 : 1.0 및 수산화

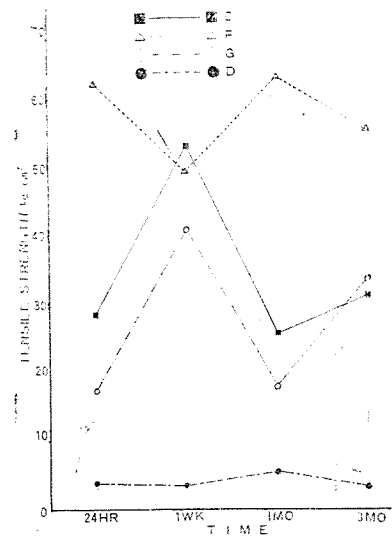


Fig. 9. Tensile strength values for calcium hydroxide and carboxylate cements; — C, Carbo cement; P, Poly-F; G, G-C's Carbolit; D, Dycal.

칼슘계에서는 8.2 : 1.0으로 특히 수산화칼슘계와 카복실레이트계 시멘트는 압축강도는 낮으나 비교적 높은 인장강도를 갖고있었다. Bryant와 Wing<sup>8)</sup>은 각종 시멘트에서 1주일까지의 압축, 인장강도를 비교한바, 인산아연계에서는 11 : 1, 1% 초산아연이 첨가된 아연화유지늘계에서는 14 : 1, hydro-eugenol 시멘트에서 11 : 1 및 Dycal과 Hydrex에서는 6 : 1의 비율로 나타났으며 치과용시멘트에서 압축과 인장강도는 일정한 관계가 있어 인장강도에 대한 압축강도의 비율이 낮을때는 오히려 높은 인장강도를 얻을수 있기 때문에 더 유리하다고 하였다. 또 Dycal과 Hydrex 같은 수산화칼슘계 시멘트는 인장강도에 대해 압축강도 비율이 가장 낮기때문에 강도면에서 본다면 아말감을 충전할때 다른 이장계가 필요 없다고 하였다. 그러나 수산화칼슘계 시멘트는 압축강도가 너무 낮기 때문에 인장강도가 높더라도 큰 효과는 없다고 하였다. Roydhouse와 Lewis<sup>10)</sup>은 수산화칼슘계 위에 인산아연계로 이장하더라도 전단(shear) 강도는 수산화칼슘계 시멘트만 있을때 보다 증가되지 않는다고 하였다.

#### 제 4 장 결 론

현재 국내 치과계에서 사용되고 있는 인산아연계 시멘트, 아연화유지늘계 시멘트, 카복실레이트계 시멘트와 수산화칼슘계 시멘트등 14여종의 각종 치과용 시멘



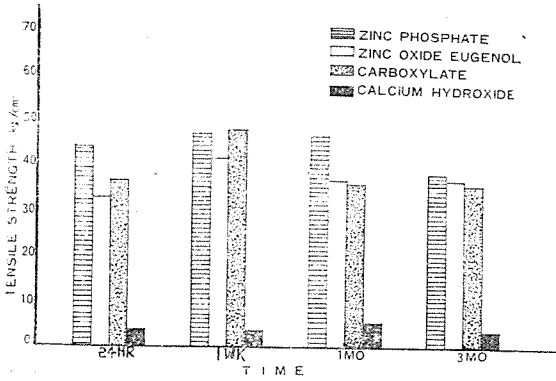


Fig. 10. Comparison of compressive strength of zinc phosphate cements, zinc oxide-eugenol cements, carboxylate cements and calcium hydroxide at various time intervals.

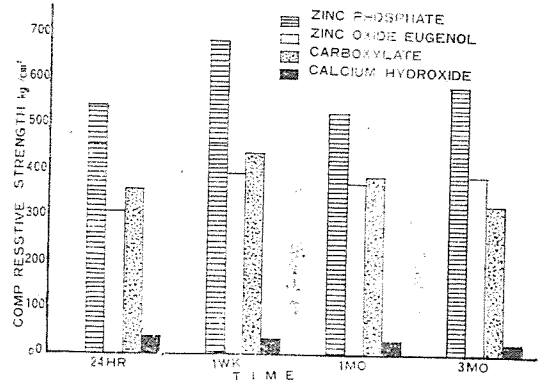


Fig. 11. Comparison of tensile strength of zinc phosphate cements, zinc oxide-eugenol cements, carboxylate cements and calcium hydroxide at various time intervals.

트를 자료로 시간차이에 따라 1일에서 1주일, 1개월, 3개월 후의 압축강도와 인장강도를 Instron 시험기를 이용하여 비교측정할바 다음과 같은 결과를 얻었다.

1. 인산아연계 시멘트는 가장 높은 강도를 보였고 다음 카복실레이트계, 아연화유지늘계 시멘트 순으로 나타났으며, 수산화칼슘계 시멘트는 가장 낮은 강도를 보였다.

2. 압축강도에 대한 인장강도의 비율은 수산화칼슘계 시멘트에서 가장 높았고, 다음 카복실레이트계, 아연화유지늘계, 인산아연계 시멘트 순위로 나타났다.

3. 압축강도는 시간경과에 따라 상당한 변화를 보였으나 인장강도는 비교적 일정하게 나타났다.

4. 각종 시멘트에서 강도는 1주일 후에 가장 높은 것으로 나타났다.

### References

- 1) Swartz, M.L., Phillips, R.W., Norman, R. D., and Oldham, D.F.: Strength, hardness and abrasive characteristics of dental cement, J.A. D.A., 67: 365, 1963.
- 2) Savignac, J.R., Fairhurst, C.W., and Ryge, G.: Strength, solubility and disintegration of zinc phosphate cement with clinically determined powder-liquid ratio, Angle Orthod., 35: 126, 1965.
- 3) Kafalias, M.C., Swartz, M.L. and Phillips, R. W.: Effect of manipulative variables on the propertiels of a polycarboxylate cement, Aust-

ral, D. J., 20: 73, 1975.

- 4) Wilson, A.D.: Examination of the test for compressive strength applied to zinc oxide eugenol cements, J. Dent. Res., 55: 142, 1976.
- 5) Bryant, R.W., and Wing, G.: The effect of manipulative variables on base forming materials for amalgam restorations, Austral. D. J., 21: 211, 1976.
- 6) Plant, C. G., and Wilson, H. J.: Early strengths of lining materials, Brit. D. J. 126: 129, 1970.
- 7) Phillips, R.W., Swartz, M.L., and Rhodes, B.: An evaluation of a carboxylate adhesive cement, J.A.D.A., 81: 1353, 1970.
- 8) Bryant, R.W., and Wing, G.: The rate of development of strength in base forming materials for dental amalgam, Austral. D. J., 21: 153, 1976.
- 9) Berenbaum, R., and Brodie, I.: Measurement of the tensile strength of brittle materials, Brit. J. Appl. Physics, 10: 281, 1959.
- 10) Roydhouse, R.H., and Lewis, D.R.: Punch shear strengths of zinc phosphate cement and calcium hydroxide mixtures, J.C.D.A., 35: 72, 1969.
- 11) Swartz, M.L., and Phillips, R.W.: A method of measuring the adhesive characteristics of dental cement, J.A.D.A., 50: 172, 1955.
- 12) Beech, D.R.: Improvement in the adhesion of

- polyacrylate cements to human dentine, *Brit. D. J.* 135 : 442, 1973.
- 13) Oldham, D.F., Swartz, M.S., and Phillips, R. W. : Retentive properties of dental cements, *J. Pros. Dent.*, 14 : 760, 1964.
  - 14) Richter, W.A., Brown, D.J., and Mitchem, J. C. : Predictability of the retentive value of dental cements, *J. Pros. Dent.*, 24 : 198, 1970.
  - 15) Stevens, L. : The properties of four dental cements, *Austral. D.J.*, 20 : 361, 1975.
  - 16) Chong, W.F., Swartz, M.L. and Phillips, R. W. : Displacement of cement bases by amalgam condensations, *Austral. D.J.*, 21 : 322, 1976.
  - 17) Bryant, R.W., and Wing, G. : A simulated clinical appraisal of base materials for amalgam restorations, *Austral. D.J.*, 21 : 322, 1976.
  - 18) Weiss, M.B. : Improved zinc oxide-eugenol cement, *Illinois, D.J.*, 27 : 4, 261, 1958.
  - 19) Brauer, G.M., White, E.E., and Moshonas, M.G. : The reaction of metal oxides with o-ethoxybenzoic acid and other chelating agents, *J.D. Res.*, 37 : 547, 1958.
  - 20) Roland, N., Kutscher, A.H., and Ayres, H.D. : Effect of dicalcium phosphate on the crushing strength of zinc oxide-eugenol cement, *New York State. D.J.*, 25 : 84, 1959.
  - 21) Messing, J.J. : A polystyrene-fortified zinc oxide-eugenol cement, *Brit. D.J.*, 110 : 3, 95, 1961.
  - 22) Phillips, R.W., and Love, D.R. : The effect of certain additive agents on the physical properties of zinc oxide-eugenol mixture, *J. Dent. Res.*, 40 : 294, 1961.
  - 23) Brauer, G.M., Simon, L., and Sangermano, L. : Improved zinc oxide-eugenol type cements, *J.D. Res.*, 41 : 5, 1096, 1962.
  - 24) Civizan, S., and Branger, G.M. : Physical properties based on zinc oxide, hydro-generated rosin, o-ethoxybenzoic acid and eugenol, *J. Dent. Res.*, 43 : 281, 1964.
  - 25) Coleman, J.M., and Kirk, E.E. : An assessment of a modified zinc oxide-eugenol cements, *Brit. D.J.*, 118 : 1, 482, 1965.
  - 26) Civizan, S., and Brauer, G.M. : Clinical behavior of o-ethoxybenzoic acid-eugenol-zinc oxide cements, *J. Dent. Res.*, 44 : 80, 1965.
  - 27) Brauer, G.M., McLaughlin, R., and Huget, E. F. : Aluminium oxide as a reinforcing agent for zinc oxide-eugenol o-ethoxybenzoic acid cements, *J.D. Res.*, 47 : 4, 622, 1968.
  - 28) Myers, G. : Status report on zinc oxide-eugenol and modified cements, *J.A.D.A.*, 76 : 1053, 1968.
  - 29) Brauer, G.M., Huget, E.F., and Termini, D. J. : Plastic modified o-ethoxybenzoic acid cements as temporary restorative materials, *I.A. D.R.*, 49 : 1487, 1970.
  - 30) Mizrahi, E., and Smith, D.C. : The bond strength of a zinc polycarboxylate cement, *Brit. D.J.*, 127 : 410, 1969.
  - 31) Ady, A.B., and Fairhurst, C.W. : Bond strength of two types of cement to gold casting alloy, *J. Pros. Dent.*, 29 : 217, 1973.
  - 32) Stevens, L. : Comparison of impact strength of joints made with four dental cements, *Austral. D.J.*, 20 : 326, 1975.
  - 33) Bryant, R.W., and Wing, G. : Bases for gold inlays and crown restorations, *Austral. D.J.*, 20 : 392, 1975.
  - 34) Chan, K.C., Svare, C.W., and Horton, D.J. : The effect of varnish on dental bonding strength of five dental cements, *J. Pros. Dent.*, 35 : 403, 1976.
  - 35) Kim, C.W. : Comparative studies on the bonding strengths between various dental cements, *J.K.D.A.*, 15 : 745, 1977.
  - 36) Norman, R.D., Swartz, M.L., Phillips, R.W., and Virmani, R. : A comparison of the intraoral disintegration of three dental cements, *J.A.D. - A.*, 78 : 777, 1969.
  - 37) 보건사회부 고시관계및 규격철, 고시 제23호 75.5.31 : 치과용 인산아연시멘트, p. 119, 1976.4.
  - 38) Guide to dental materials and devices, A.D.A. Specification No. 8 for dental zinc phosphate cement, p. 190, 55, 7th ed, 1974-1975, A.D.A.
  - 39) Revised American National Standards Institute/American Dental Association Specification No.8 for zinc phosphate cement, *J.A.D.A.*, 96 : 121, 1978.
  - 40) New American Dental Association Specification

- No. 30 for dental zinc oxide-eugenol type restorative materials, J.A.D.A., 95 : 991, 1977.
- 41) Rudnick, A., Hunter, A.R., and Holden, F.C. : An analysis of the diametral-compression test, Materials Res. and Standards, 3 : 283, 1963.
  - 42) Sweeny, W.T., and Burns, C.L. : Application of the diametral-compression test to dental materials, I.A.D.R. Abstracts, 43 : 122, 1965.
  - 43) Greener, E.H., Harcourt, J.K., and Lautenschlager, E.P. : Materials science in dentistry, The Williams & Wilkins Co., p. 52, 1972.
  - 44) Phillips, R.W. : Skinner's science of dental materials, W.B. Saunders Co. p. 38, 1973.
  - 45) Paffenbarger, G.C., Sweeney, W.T., and Isaacs, A. : A preliminary report on the zinc phosphate cements, J.A.D.A., 20 : 1960, 1933.
  - 46) Norman, R.D., and others. : Properties of cements mixed from liquids with altered water content, J. Pros. Dent., 24 : 410, 1970.
  - 47) Mosteller, J.H. : An evaluation of intermediate base materials, J.A.D.A., 43 : 5, 551, 1951.
  - 48) Harvey, W., and Petch, N.J. : Acceleration of the setting of zinc oxide cements, Brit. D.J., 80 : 1, 35, 1946.
  - 49) Smith, D.C. : Dental cements, The Dental Clinics of North America., 15 : 1, 3, 1971.
  - 50) Smith, D.C. : A new dental cement, Brit. D.J., 125 : 9, 381, 1968.
  - 51) Going, R.E., and Mitchem, J.C. : Cements for permanent luting ; A summarizing review, J.A.D.A., 91 : 107, 1975.
  - 52) Grieve, A.R. : A study of dental cements, Brit D.J., 127 : 405, 1969.
  - 53) Smith, D.C. : A review of the zinc polycarboxylate cements, J.C.D.A., 37 : 22, 1971.
  - 54) Mortimer, K.V., and Tranter, T.C. : A preliminary laboratory evaluation of polycarboxylate cements, Brit. D.J., 127 : 365, 1969.

# 선화치과기공소

대표 李 禹 成

서울시 중구 남대문로 5가 6-10

☎ 23-1662

〈각종 치과 재료 취급〉

# 東成齒科材料商社

代表 金 公 植

서울特別市 鍾路區 昌信洞 562 (동대문지하도열충간)

☎ 763-5466