

시판 치과용 모형재의 제 성질에 관한 비교 연구

서울대학교 치과대학 치과재료학교실

김 철 위

COMPARATIVE STUDIES OF THE PROPERTIES OF DENTAL GYPSUM CASTS

Cheol-We Kim, D.D.S.

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

.....> Abstracts <.....

The purpose of this study is to evaluate a few physical properties in relation to the requirements of the dental gypsum products. A series of experiments were carried out under standardized conditions to test the effect of soaking of type I, type II, III calcium sulfate hemihydrate on the physical properties of the final set. The effects of various environments on the hardness and strength of gypsum casts have been studied.

According to the data presented, the following statements can be made:

- 1) The distribution of the particle size of the dental gypsum products was determined and satisfactory arranged by Ro-Tap sieve shaker.
- 2) The results showed that the setting time of dental gypsum products was affected by the change of temperature in a certain pattern. In all specimens soaking for 1 minute produced a drop of the setting time and a gradual increase follows with the continuous soaking.
- 3) The greatest dimensional stability in all specimens was obtained by continuous soaking, and the second best was followed by the no soaking in the case of type I, and the two minutes soaking in the case of type II, III.
- 4) Hardness showed to increase with soaking, reaching the maximum in all specimens with the 1 minute soaking, although type I showed a higher value with continuous soaking. The minimum values, in all specimens, were reached with the 2.5 minutes soaking.
- 5) Compressive strength showed to increase also with soaking to reach its maximum with the 1 minute soaking in the specimens of type I, and the 3 minutes soaking in the specimens of type II, III. The poorest values were obtained with the continuous soaking.
- 6) It was found that most desirable hardness and strength was obtained by allowing final set to take place in the ambient room environment.

*본 연구는 1972년도 문교부 학술 연구 조성비에 의하여 수행 되었음.

제 1 장 서 론

Egypt 시대 건축재료로 사용된 기록이 있는 석고산물¹⁾은 우수한 성질때문에 오래전부터 치과용 인상재 모형재 및 내열성 매물체의 결합제로서 응용되어 왔다. 그러나 석고산물의 경화반응의 물리화학적 제 성질에 관하여는 아직도 완전히 해결되지 않고, 단순히 분말과 물을 혼합하여 다시 원광석으로 환원 경화시키는 과정만을 응용하고 있다.

때문에 석고산물의 조작은 이론적인 것보다는 단순히 경험적인 것으로 취급되어 왔으며, 이렇게 하는 것이 더 우수한 성질을 갖는다고 믿어 왔다. 치과용 모형재의 제 성질에 관하여는 미국치과의사협회 치과재료규격²⁾에도 그 범위를 정하고 있거니와 이 성질이 치과보철물의 정밀성에 주는 영향은 지대하다고 본다. Osborne 과 Skinner³⁾는 시판 치과용 모형재의 미립도 경화시간 압축강도등 제 성질을 조사하고, 경화시간은 점차 단축되고, 강도와 열팽창은 증가되는 경향이 있음을 보고하였고, 최근 석고산물의 일반적 성질에 관하여는 Mohamed,⁴⁾ Knutz⁵⁾ 등이, 경화팽창에 관하여는 Kusner,⁶⁾ Lautenschlager 와 Corin⁷⁾이, 경도 및 강도에 관하여는

Maddalena 외 3인⁸⁾, Earnshaw와 Smith⁹⁾, Askinas 외 2인¹⁰⁾이 각각 보고한 바 있으나, 국내에서는 치과용 모형재의 제실험에 관한 자료도 희소하고, 규격도 검토 단계에 있는 실정이다. 따라서 저자는 국내에서 구입할 수 있는 치과용 모형재를 재료로 앞으로의 국내규격제정에 기초적인 조사로서 미립자 측정, 경화시간, 경화팽창의 크기, 표면경도, 압축강도등 제 물리적 성질을 측정하고, 특히 경화후 표면을 처리할 때의 영향을 측정하였다.

제 2 장 실험재료 및 방법

현재 국내에서 시판되고 있는 치과용 모형재를 제 1형(인상용), 제 2형(모형용), 제 3형(경석고)등으로 나누어(제 1 표) 미립자 경화시간 경화팽창의 크기 표면경도 및 압축강도등 물리적 성질을 미국치과재료 규격에 의한 기준²⁾에 따라 비교하였다. 시편제작과 실험과정은 23.0±2.0°C의 실온과 50±10%의 비습도 하에서 시행하였으며, 모든 기구와 재료는 실험전 10시간 이상 이 조건에서 처리하였다. 혼수비와 혼합시간은 각 재료에 따라 지시된 방법^{11,12)}에 의하였다.

Table 1. Materials investigated.

Type	Materials	Manufacturer
I, plaster, impression	plaster, dental impression plaster, dental impression	Samuel H. French & Co. Baker & Co., Inc.
II, plaster model	plaster orthopedic and dental modeling plaster orthopedic and dental modeling dental plaster SSS 齒科用燒石膏	The Ranson & Randolph Co. Samuel H. French & Co. Osaka gypsum Mfg. Co. Ltd. San-ESU gypsum Co. Ltd.
III, dental stone	algestone, high class dental gypstone, dental hard stone	Maruishi gypsum Co. Ltd. Osaka gypsum Mfg. Co. Ltd.

미립도 측정 :

45°C의 자동온도조절기에서 2시간 건조시킨 시료를 다시 수분측정기(Moisture Teller)(제 1 도)에서 45°C에 30분간 건조하여, 습기를 완전히 제거한 후, 무수유화석회(anhydrous calcium sulfate)가 든 건조기에 넣어 실온으로 냉각시킨 건조한 시료를 실험에 사용하였다. 미립도 측정은 완전 건조된 시료 각 50gm씩을 30번 체눈(30 mesh sieve)에 넣고, 그 아래 100번, 200번의 순서로 체를 합착시키어, 주물사준사기(Ro-Tap sieve shaker)로 15분간 체로 친 후, 위에 남은 시료를 평량

하여, 백분률로서 입자의 미립도를 측정하였다.

수온이 경화시간에 주는 영향 :

10°C, 20°C, 30°C, 40°C, 50°C, 80°C의 수온과 0.4의 혼수비를 사용하였고, Modified Gillmore Needle로 경화시간을 측정하였다(제 2 도).

Soaking시 경화시간에 주는 영향 :

분말피 물을 혼합하기 전에 미리 분말을 soaking 할 때 시간차이에 따라 경화시간에 어떤 변화가 오는가를 실험하였으며, 1분에서 3분 이상 까지 시간 차이에 따라 Modified Gillmore Needle로 측정하였다.

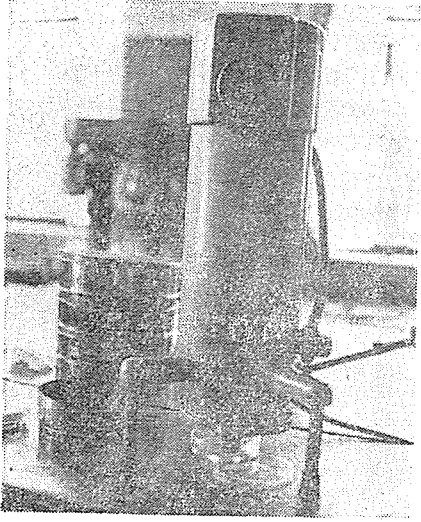


Fig. 1. Moisture teller.

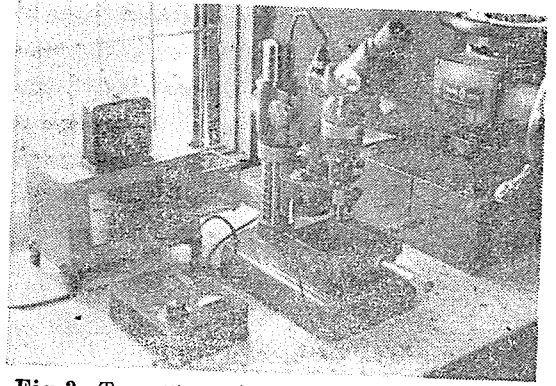


Fig. 3. Travelling microscope used for measuring the dimensions of the specimen.

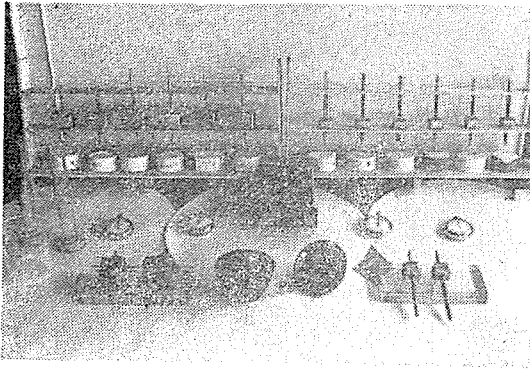


Fig. 2. Apparatus for measuring temperature on the setting time.

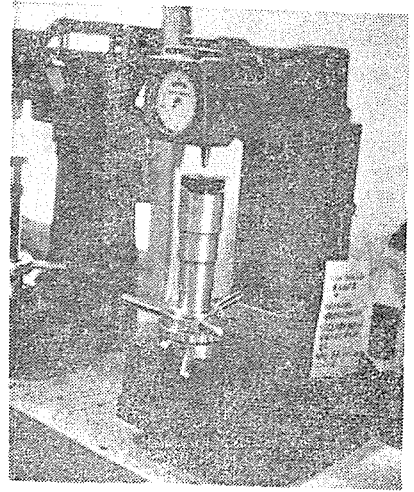


Fig. 4. Rockwell hardness tester used in the experiments showing a specimen under test.

Soaking시 팽축변화에 주는 영향 :

석고산물로 인상채득시나 인상면에 모형제를 주입시는 항상 습기와 접촉되므로, 이때의 팽축변화를 관찰코져 하였다. 같은 혼합물로 3개의 시편을 동시에 얻을 수 있도록 acrylic resin으로 주형을 만든 후, 모형제를 주입한 30분후에 경화된 시편을 주형에서 분리하여, 100% 습도안에 24시간 동안 보관하였다. Travelling Microscope(제 3 도)로 시편의 팽축변화를 측정하였으며, acrylic resin 주형과 그 차이를 비교하였다. 시편을 24시간 공기중에 건조시킨 후, 같은 실험을 하였다.

Soaking 시 경도 및 압축강도에 주는 영향 :

직경 20mm, 높이 40mm의 acrylic 주형에서 시편을



Fig. 5. The compressive strength teting machine used in the experiments. A specimen is shown loaded on the machine.

제작하였으며, 혼합시작에서 30분 후에 시편을 분리하여, $23.0 \pm 2.0^\circ\text{C}$ 와 100% 습도의 조건에 보관하였다. Rockwell Hardness Tester(제 4 도)에서 15.5kg의 하중과 0.5cm의 ball로서 표면경도를 측정한 후, 다시 B.H.N.으로 환산하였다. 또한 soaking시간의 차이에서 오는 시편의 압축강도를 측정코저 경도측정 배와 같은 시편을 만든 후, Compressive Testing Machine (제 5 도)에서 제 1형은 $100 \pm 20\text{kg/min.}$ 의 속도로 제 2,3형은 $300 \pm 50\text{kg/min.}$ 의 하중속도로 시편을 분쇄하였고, 5개의 시편에서 평균값을 구하였다.

경화시 조건이 경도 및 압축강도에 주는 영향 :

초기경화 후 시편을 최종경화될 때까지 아래의 조건에서 경도 및 압축강도를 측정하였다.

- 제 1군 : 21°C 에서 시편을 만든 후, 55%의 습도 안에 두었을 때.
- 제 2군 : 21°C 에서 시편을 만든 후, 100%의 습도 안에 두었을 때.
- 제 3군 : 21°C 에서 시편을 만든 후, 물속에 두었을 때.
- 제 4군 : 21°C 에서 시편을 만든 후, 증유수 안에 두었을 때.
- 제 5군 : 21°C 에서 시편을 만든 후, calcium sulfate 포화용액 안에 두었을 때.
- 제 6군 : 4°C 에서 시편을 만든 후, 냉동시켰을 때.

- 제 7군 : 4°C 에서 시편을 만든 후, calcium sulfate포화용액 안에 냉동시켰을 때.
- 제 8군 : 10°C 로 시편을 만든후, 냉동시켰을 때.
- 제 9군 : -50°C 로 시편을 냉동시켰을 때.
- 제 10군 : 50°C 의 물안에 두었을 때.
- 제 11군 : 21°C 에서 시편을 만든 후, 0%의 습도안에 두었을 때.

제 3 장 실험성적 및 고찰

1) 미립도 측정 :

치과용 모형제의 입도를 분석한 결과는 제 2 표와 같다. Skinner와 Phillips¹³⁾는 모형제의 입자는 경화시간과 표면에 큰 영향을 주며, 미세입자 일수록 표면이 윤택하여지고, 팽창이 증가된다고 하였으며, Osborne과 Skinner³⁾는 Hunter¹⁴⁾의 발표를 기초로 미립도 경화시간 압축강도등 제 성질의 규격을 조사한 바, 경화시간은 점차 단축되고, 강도와 열팽창은 증가하는 경향이 있음을 보고한 바 있다. 미국치과의사협회 치과재료 규격 제 25호²⁾에서도 미립도는 30번 체에는 100%, 100번 체에는 98%, 200번 체에는 90%가 통과되어야 함을 규정하고 있다. 본 실험에서 규격치보다 낮은 것은 측정 온도와 습도조건의 차이 때문으로 생각된다.

Table 2. Particle size of dental gypsum products.

Type	% of particle passing sieves		
	No. 30 sieve	No. 100 sieve	No. 200 sieve
I plaster impression	100	97.5	87.0
II plaster model	100	95.5	85.5
III dental stone	100	95.7	86.5

2) 수온과 경화시간과의 관계 :

제 3 표에서 경화 시간은 온도변화에 큰 영향을 받는 것으로 나타났다. 수온이 $1 \sim 30^\circ\text{C}$ 에서는 온도차이에 별 영향이 없으나, 40°C 에서는 경화시간은 증가되었고, 50°C 에서는 낮아졌다가, 이후부터 다시 증가현상을 보이었다. Skinner와 Phillips¹³⁾는 수온이 10°C , 20°C 로 상승시 경화시간은 단축되며, Peyton의 3인¹⁵⁾은 수온이 37°C 때 단축된다고 하였다. 또한 Skinner와 Phillips¹³⁾는 50°C 에서 경화시간이 지연된다고 하였으나, Peyton의 3인¹⁵⁾은 37°C 이상에서 지연된다고 하였다. 그러나 양자 모두 100°C 에서 경화시간은 측정키 어렵다고 하였다. Roydhouse¹⁶⁾는 65°C 이상의 수중에서 석고산물은 일부 용해된 접착성 용액으로, 표면이 약화된다고 하였다.

Table 3. The effect of temperature on the setting time of dental gypsum products.

Temperature ($^\circ\text{C}$)	Average(min./sec.)
10	7.30
20	7.15
30	6.45
40	9.25
50	8.15
60	8.30
70	9.35
80	14.00

3) Soaking과 경화시간과의 관계 :

Soaking 이 초기 경화시간에 주는 영향은 제 4 표 및

제 6도와 같다. 제 1, 2형 모두 soaking 시간의 변화에 유사성을 보이어, 1분간 soaking시 경화시간은 일시 단축되었다가, 2.5분까지 점차로 증가하였으나, 3분에서는 다시 떨어졌으며, 계속 soaking시는 다시 증가현상을 보였다. Whiteside¹⁷⁾은 장시간 soaking시 경화시간은 단축되며, 혼함을 빨리 할수록 장시간 soaking 한 것보다 경화시간은 더 짧아진다고 하였다. 본 실험에서는 제 2, 3형은 거의 일치하였으나, 제 1형에서는 1분과 3분 soaking에서만 같은 결과를 가져 왔다.

4) Soaking과 팽축변화와의 관계 :

제 5표 및 제 7도에서 최대의 크기의 안정성은 계속 soaking시 볼 수 있었고, 제 2, 3형에서는 2분간 soaking시 제 1형에서는 전혀 soaking하지 않은 것이 다음으로 우수한 결과를 보였다. 따라서 크기의 안정성만을 요구할 때, 즉 제 2, 3형을 모형으로 사용하거나, 제 1형을

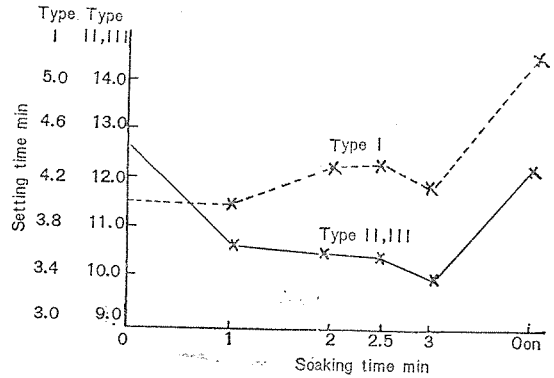


Fig. 6. The effect of soaking on setting time.

Table 4. The effect of soaking on initial setting time.

Soaking time and specimen	Average setting time of type I (min./sec.)	Average setting time of type II, III (min./sec.)
No soaking average	4.70	13.00
Soaking 1 min. average	3.57	10.29
Soaking 2 min. average	4.36	10.28
Soaking 2.5 min. average	4.59	10.48
Soaking 3 min. average	4.05	9.19
Soaking cont. average	5.23	11.53

Table 5. The effect of soaking on the setting dimensional stability.

Soaking time in minute	Average dimensions (cm)		Difference from original dimensions (cm)		Difference from original dimensions (%)	
	Humid	Dry	Humid	Dry	Humid	Dry
Type I						
0	2.570	2.570	+0.002	+0.009	+0.09	+0.36
1	2.569	2.572	+0.002	+0.004	+0.08	+0.19
2	2.565	2.565	-0.001	-0.001	-0.066	-0.07
2.5	2.575	2.572	+0.008	+0.005	+0.322	+0.19
3	2.571	2.574	+0.003	+0.006	+0.143	+0.26
Type II, III						
0	2.569	2.567	+0.002	+0.000	+0.08	+0.00
1	2.571	2.562	+0.004	-0.004	+0.16	-0.21
2	2.572	2.576	+0.005	+0.008	+0.20	+0.34
2.5	2.562	2.568	-0.005	+0.000	-0.20	+0.02
3	2.571	2.568	+0.004	+0.001	+0.15	+0.50

인성재료 사용시는 계속적인 soaking이 좋다. 건조한 시편과 수분이 있는 시편에서 모두 같은 수축현상을 보였고, 제 2, 3형은 1분간, 제 1형에서는 2분간 soaking할 때 최대치를 보였다. 제 2, 3형에서는 2분간, 제 1형은 2.5분간 soaking할 때 낮아졌으나, 제 2, 3형에서

는 2.5분, 제 1형은 3분간 soaking할 때 다시 수축되었다. 모든 시편은 계속 soaking시 가장 큰 크기의 안정성을 보이었고, 대개 모든 시편이 수축하였는데, 이것은 soaking의 시간, 입자의 크기에 따라 달라진다고 본다.

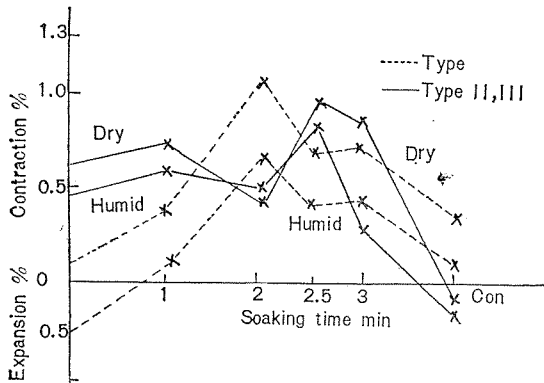


Fig. 7. The effect of soaking on dimensional stability.

5) Soaking 과 표면경도 및 압축강도와와의 관계 :

제 6표 및 제 8도에서 계속 soaking 의 경우를 제외 하고는 모든 시편에서 유사성을 보이며, 1분간 soaking

할 때 표면경도는 모두 최대치에 이르렀고, soaking을 2~2.5분으로 증가함에 따라 감소되었다. 3분간 soaking시 다시 증가하였으나, 1분간 soaking의 정도만큼 이르지 못하였고, 계속 soaking시 큰 차이를 보이며, 제 1형이 비정상적으로 최대치에 이르는 반면, 제 2,3 형은 거의 최소치에 가까운 심한 감소현상을 보이었다. Peyton 의 3인¹⁵⁾은 soaking 시 경도는 증가되는데, 모든 시편에서 1분간 soaking은 최대치를 보이고, 2.5분 soaking은 최소치를 보이었으며, 제 1형은 계속 soaking할 때 더 높은 값을 보이었다. 제 9도에서 압축강도는 모든 시편에서 1분과 2분 soaking에서 유사성을 보이었으나, 2.5분과 3분에서는 상반된 결과를 보이었다. 최대의 압축강도는 제 1형은 1분간 soaking시, 제 2,3 형은 3분간 soaking시 볼 수 있었고, 계속 soaking시는 모두 최소치를 보이었다. 즉 1분간 soaking 할 때 경도나 압축강도는 모두 가장 높은 값을 보이었고, 그 이상에서는 뚜렷한 효과를 얻을 수 없었는데, 이것은 계속 soaking

Table 6. A summary of the values obtained to show the effect of soaking of gypsum products.

Soaking time (min.)	Setting time (min./sec.)	Dimensional stability(cm)	B. H. N. (kg./cm ²)	Compressive strength (kg)
Type I				
0	4.07	-0.129	2.362	217.5
1	3.57	-0.317	2.439	242.1
2	4.36	-1.144	2.373	203.8
2.5	4.39	-0.666	2.205	211.03
3	4.05	-0.873	2.239	286.7
Type II, III				
0	13.00	-0.727	16.265	1284.2
1	10.29	-0.786	17.095	1355.7
2	10.28	-0.482	14.799	1347.0
2.5	10.48	-1.666	13.256	1270.9
3	9.19	-0.772	15.989	1386.2

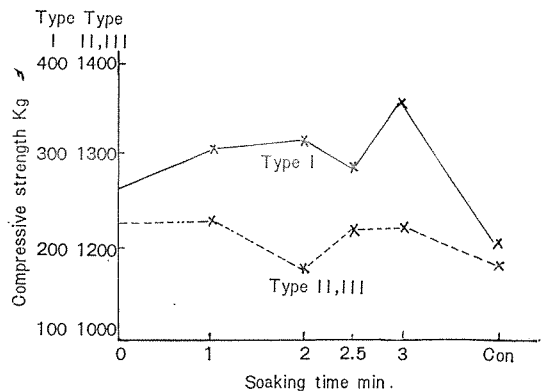
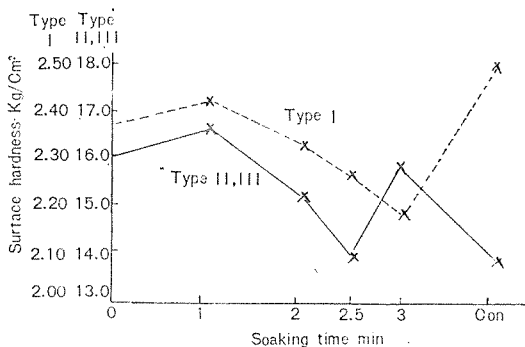


Fig. 8. The effect of soaking on surface hardness. Fig. 9. The effect of soaking on compressive strength.

시는 입자가 파괴되는 때문으로 본다. Peyton의 2인¹⁸⁾은 석고산물을 물이나 oil안에 soaking시 경도 강도 마모저항도는 감소된다고 하였고, Peyton의 3인¹⁵⁾은 물이나 oil, glycerin안에 soaking시 경도가 증가되는 것이 아니고, 다만 표면이 윤택하여져서 마모저항을 얻을 수 있다고 하였다. Skinner와 Gordan¹⁹⁾은 제 1형을 borax의 포화용액안에 넣었을 때 표면강도는 크게 증가되나, 제 2, 3형은 효과가 없다고 하였다.

6) 경화시 조건과 경도 및 압축강도와와의 관계 :

21°C의 실온과 100% 습도에 두었을 때(제 1군) 가장 강도가 높았고 (B.H.N. 23.83), 다른 실험에서는 모두 이보다 낮아서 -50°C에서 시편을 냉동시킨 경우는 (제 9군) 10.9%, 21°C의 실온에서 calcium sulfate의 포화용액안에 둔 경우 (제 5군)은 55.5%나 감소를 보이었다. 경화중 수분이 손실되는 습도 0%인 제 11군에서 표면경도는 제 1군에 비해 32.3%의 감소를 보이었다. Calcium sulfate 포화용액안에 둔 것은 (제 5군, 제 7군) 표면의 용해를 방지하는 목적이었으나, 제 5군에서는 55.5% 감소됨으로서 기대하기 어려웠다. 경도의 감소는 표면의 비정상적인 결정입자의 성장때문이며, 표면에 calcium sulfate가 증가되면 미리 calcium이 침전되는 결과로서 표면에 연한층이 생기는 때문으로 생각된다. 압축강도는 21°C의 실온과 55%의 습도에서 경화시킨 제 1군에서 높은 수치를 보이며, 24시간 후 강도는 330kg/cm²였다. 최대강도는 4°C에 냉동시킨 경우로(제 6군) 350kg/cm²였고, 제 1군보다 6.8%의 증가를 보이었다. 시편을 냉동시킨 것은 주위온도가 낮을 때 경화반응이 감소되는 경우를 관찰코져 한 것이었으나 4°C와 calcium sulfate 포화용액에 냉동시킨 제 7군에서도 2.3% 감소된 320kg/cm²이었다. -50°C에 냉동시킨 제 8군에서는 18.1%가 감소된 250kg/cm²로 큰 감소를 보이었다. 가장 낮은 경도나 강도는 온도가 가장 높거나 낮은 경우에서 볼 수 있었다. 즉 -50°C에서 시편을 냉동시킨 경우(제 9군)와 50°C에서 끓는 물안에 넣은 경우(제 10군) 평균강도는 제 1군에서 보다 20.4% 낮은 245kg/cm²였다. Sweeney²⁰⁾는 증유수안에 2시간 넣었을 때 강도는 3.7% 증가되었다고 하였으나, 본 실험에서는 실온의 증유수에 넣은 경우(제 4군) 강도는 4.5% 감소된 315kg/cm²였다. United States Gypsum Company²¹⁾는 calcium sulfate의 포화용액에서 경화시킨 경우는 평균 강도가 0.87% 감소되었음을 보고하였으며, Worner²²⁾는 석고산물은 주위의 비례습도에 예민하게 반응하여, 경도는 큰 영향을 받는다고 하였고, 비례습도가 55%에서 72%로 증가시 B.H.N.은 4.2에서 3.4로 감소된다고 하였다. 치과용모형제의 경도에 관

하여 Skinner와 Phillips¹³⁾는 경고한 표면을 만드는 가장 효과적인 방법은 가능한 적은 량의 물을 사용하는 것이며, Buchanan과 Worner²³⁾은 2% borax 용액안에 몇시간 넣을 때 표면경도는 증가되는데, Skinner와 Gordan¹⁹⁾은 일정범위에서 용액의 온도가 높고 또 농도가 짙을수록 더 많은 borax가 침적되므로 더욱 증가된다고 하였다. 그러나 Skinner와 Gordan²⁴⁾은 모형제 표면 위에 calcium tetraborate의 얇은 막을 침적하여 강도를 증가시키는 것은 효과적인 방법이 아니라고 하였다. Mahler²⁵⁾는 제 2, 3형의 B.H.N.은 낮은 혼수비로 만든 제 1형보다 거의 4배나 되며, 비례습도가 55%에서 72%로 증가될 때 B.H.N.은 4.2에서 3.4로 감소된다고 하였고, Worner²²⁾는 제 2, 3형의 B.H.N.은 제 1형보다 거의 4배가 된다고 하였다. Askinas의 2인¹⁰⁾은 압축강도 및 표면경도에 오는 여러 조건의 영향을 실험하고, 실온에서 경화시켰을 때 가장 우수한 결과를 얻었으며, Peyton의 2인¹⁸⁾은 모형을 물이나 oil안에 침적시 경도 강도 마모저항도등이 낮아진다고 하였고, Skinner와 Gordan²⁴⁾은 borax 포화용액 안에 넣을 때 경도는 증가되나, 이와 같은 처리는 강도에는 효과가 없다고 하였다. Maddalena의 3인⁸⁾은 Dilite, Velmix, Rapid Stone 등 3종의 개량된 경석고 모형제의 경화시간 경화팽창 압축강도등의 성질을 비교하고, Velmix가 가장 우수하다고 보고한 바 있다.

제 4 장 결 론

치과용 모형제의 규격에 관한 기초적 연구로서 미립자측정 경화시간 경화팽창의 크기 표면경도와 압축강도등 제 물리적 성질 및 경화후 표면처리과정에서 오는 영향을 중심으로 실험한 바 다음의 결과를 얻었다.

1. Moisture Teller와 Ro-tap sieve shaker를 이용하여 치과용 모형제의 입도분포를 분석하고, 각체에 적합한 입자를 배합 조정할 수 있었다.
2. 치과용 모형제의 경화시간은 일정 범위 안에서 온도 변화에 따라 영향을 받는 것으로 보이며, 혼합전에 물속에 1분과 3분 soaking 할 때는 경화시간이 단축되었고, 계속 soaking 시는 증가되었다.
3. 물 속에 계속 soaking 할 때 가장 우수한 크기의 안정성을 보였고, 제 1형에서는 전혀 soaking 하지 않을 때, 제 2, 3형에서는 2분간 soaking 할 때 다음으로 우수한 결과를 가져 왔다.
4. 경도는 모든 시편에서 1분간 물속에 soaking할 때 최대치를 보였고, 2.5분간 soaking 시는 최소치를 보이었다.

특히 제 1형에서 계속 soaking 할 때 가장 높은 수치를 보이었다.

5. 압축강도는 제 1형에서 1분간, 제 2,3형에서는 3분간 soaking 할 때 최대치를 보이었다고, 계속 soaking 할 때는 최소치를 나타내었다.
6. 21°C의 실온과 100% 비례습도의 조건에서 가장 높은 경도 및 강도를 보이었다.

REFERENCES

- 1) Haddon, C.L.: Gypsum plaster products. Chemistry and Industry, 21 : 190, 1944.
- 2) New American Dental Association Specification No 25 for dental gypsum products. J.A.D.A., Vol. 84, 1972.
- 3) Osborne, J., Skinner, E.W.: Physical properties of gypsum model investments (abst). Northwest Univ. Bul., 44 : 15, 1943.
- 4) Mohamed, D.: Effect of soaking on the physical properties of plaster. J. Dent. Res., 48(3): 423-30, 1959.
- 5) Knutz, R.A.: Materials Res & Standards 7(8), 350-3, 1957.
- 6) Kusner, W.: Final expansion of plaster. J. Dent. Res., 47(5): 694-8, 1958.
- 7) Lautenschlager, E.P., Corbin, F.: Investigation on the expansion of dental stone. J. Dent. Res., 48(2): 206-10, 1969.
- 8) Maddalena, H. R., Cangani, R. H., Tarnous, M., Gomez, O. A.: Properties of improved hard plaster (Dent). Rev. Asoc. Argent., 56(8): 275-8, 1968.
- 9) Earnshaw, R., Smith, D. C.: The tensile and compressive strength of plaster and stone. Austral J. D., 11 : 415, 1966.
- 10) Askinas, S.W., Colaizzi, F.A., Rudd, K.D.: Studies of the properties of gypsum casts. Texas Dent. J., 85 : 4-9, 1957.
- 11) Instruction pamphlet, plaster, dental impression, form 4234 B, Baker and Co., Inc., East Newark N.J.
- 12) Instruction pamphlet, Ranson and Randolph Co., Toledo, Ohio.
- 13) Skinner, E.W., Phillips, R.W.: The science of dental materials, 6th ed., Philadelphia, W.B. Saunders Co., p.423. 1957.
- 14) Hunter, I. E.: An investigation of the efficiency of model investments (abst). Northwest Univ. Bul., 44 : 15, 1943.
- 15) Peyton, F.A., Anthony, D.H., Asgar, K., Charbeneau, G.T.: Restorative Dental Materials. St. Louis, C.V. Mosby Co., 1960.
- 16) Roydhouse, R. H.: Materials in Dentistry. Year Book Medical Publishers, Inc, p.35-37. 1962.
- 17) Whiteside, E.L.: Quality control in the plaster mold shop. American Ceramic Society Bulletin, Nov. p.1022-26, 1966.
- 18) Peyton, F.A., Liebold, J.P., Ridgley, G.V.: Surface hardness, compressive strength and abrasion resistance of indirect die stones. J. Pros. Dent., 2 : 381-389, 1952.
- 19) Skinner, E.W., Gordan, C.C.: Some experiments on the surface hardness of dental stones. J. Pros. Dent., 6 : 94-100, 1956.
- 20) Sweeney, W.T.: Personal communication from national bureau of standards to University of Texas Dental Branch, Dental Materials Department.
- 21) United States Gypsum Company: personal communication, March 29, 1963.
- 22) Worner, H.K.: Dental plaster, part II., Austral, J. Dent., 35-46, 1942.
- 23) Buchanan, A.S., Worner, H.K.: A study of the action of borax in retarding the setting of plaster of paris. J.Soc. Chem. Ind., 65 : 23-26. 1946.
- 24) Skinner, E.W., Gordon.: Influence of particle size of stone on surface detail of casts. J. Pros. Dent., II:169-173, 1961.
- 25) Mahler, D.B.: Hardness and flow properties of gypsum materials. J. Pros. Dent., 1 : 188-195, 1951.