

산화마그네슘 함량이 실험적 알지네이트 인상재의 특성에 미치는 영향

경희대학교 치과대학 치과보철학교실

배일환 · 우이형 · 최대균

I. 서 론

치과용 알지네이트 인상재는 알긴산 나트륨과 금속이온간의 반응에 의해 경화되므로, 알지네이트 인상재의 경화후 강도 및 특성은 이 반응에 의해 결정되며, 인상재의 기초 요구사항인 정밀성과 탄성 그리고 찢김저항성에 영향을 미친다.

현재 이와같은 목적으로 사용되는 금속이온은 칼슘이온이지만 마그네슘, 동 및 코발트와 같은 금속이온도 이 목적으로 사용될 수 있다.

Cook¹⁾은 알지네이트의 경화 메커니즘인 칼슘이온에 의한 가교는 취약하다고 하여, 칼슘이외의 다른 이온을 탐색하여야 할 필요성을 제시하였다. Unemori²⁾은 알지네이트 인상재에 소독제성분을 첨가하였을 때 나타나는 물성의 저하를 보상하기 위해서 아연, 칼륨 및 마그네슘의 황화물을 첨가한 바 있다.

알긴산 나트륨과 금속이온간의 반응은 급속하게 일어나므로 경화시간을 조절하기 위해서 금속이온의 유리가 느린 물질을 반응 주체로 사용하며, 일반적으로는 물에 대한 용해도가 적은 황산칼슘이수화물(이수석고; Calcium sulfate dihydrate)이 사용되고 있다. 황산칼슘반수화물(반수석고; Calcium sulfate hemihydrate)과 염화칼슘(Calcium chloride)은 물에 대한 용해도가 커서 반응속도가 지나치게 빠르므로 사용하지 않는다.

산화마그네슘(Magnesium oxide)은 분자량 40.32의 백색분말로 비중은 3.2 내지 3.7이고, 물에 대해

낮은 용해도를 가지며 물에 녹아서 소량이 수산화마그네슘(Magnesium hydroxide)으로 변환되어 염기성을 나타낸다. 산화마그네슘은 고무와 플라스틱의 충전재로 사용되며, 의약품원료로서 대한약전에 등록되어 있다.

알긴산 나트륨과 금속이온간의 반응속도는 반응지연체인 인산 나트륨(Sodium phosphate)으로 조절하는 것이 일반적이지만, 온도와 pH에 의해서도 영향을 받아 낮은 온도와 높은 pH에서는 경화시간이 지연된다.

Anastassiadou³⁾은 알지네이트의 경화과정 중 pH는 염기성, 중성 및 산성의 순으로 변화된다고 하였다.

산화마그네슘은 수용액이 염기성을 가지므로 반응속도를 지연시킬 수 있고, 아울러 마그네슘 금속이온의 공급에 의해 경화체의 강도를 높일 수 있다.

이 연구는 실험적 알지네이트의 성분 중 산화마그네슘 증량이 알지네이트 경화체의 물성에 미치는 영향을 알아보기 위해서 시행하였다.

II. 연구재료 및 방법

1. 실험재료

7가지의 실험적 알지네이트를 제조하여 실험에 사용하였다. 산화마그네슘의 함량을 0%부터 6%까지 증가시켰으며, 상대적으로 규조토의 함량을 66%에서부터 60%까지 감소시켰다. 나머지 34%는 알긴산

나트륨 15%, 인산 나트륨 2%, 황산칼슘 14% 및 불화아연 3%로 일정하게 하였다(Table I).

구조토, 알긴산 나트륨, 인산 나트륨, 황산칼슘 및 불화아연은 Sigma사(Sigma-Aldrich Co., USA)의 것을 사용하였고, 입자의 크기는 325mesh(44 μ m)였다.

실험군의 수는 6개이었고, 산화마그네슘의 함량을 의미하는 1, 2, 3, 4, 5, 6을 실험군 코드로 하였고, 산화마그네슘을 첨가하지 않은 0군을 대조군으로 하였다 (Table I).

제조된 알지네이트 인상재는 밀폐한 후 실험에 사용할 때까지 실온인 25 $^{\circ}$ C에 보관하였다.

2. 실험방법

실험적 알지네이트의 혼수비는 분말 10그램에 물 25cc로 하였고, 물은 25 $^{\circ}$ C의 증류수를 사용하였다. 혼합시간은 45초였으며, 실험은 실온에서 진행하였고, 경화시에는 37 \pm 1 $^{\circ}$ C의 항온조에서 경화시켰다. 모든 실험항목에서 각군당 시편수는 10개였다.

① 작업시간과 경화시간

작업시간과 경화시간은 레오미터(Thermal Scanning Rheometer, TSR, Rheometric Science, UK)로 측정하였다. 알지네이트를 혼합한 후 레오미터의 시료부에 주입하고 혼합시작 시각으로부터 1분 45초가 되었을 때부터 측정기를 동작시켜 점도를 측정

하도록 하였다.

시간경과에 따라 인상재가 경화되어 점도가 상승하므로 점도측정곡선이 상승하였고, 완전히 경화된 후에는 다시 일정한 점도를 나타내었다. 점도가 변하지 않고 있을 때까지의 시간을 구하여 작업시간으로 하였고, 경화된 후 일정한 점도를 보이기 시작하는 점까지 소요된 시간을 경화시간으로 하였다 (Fig. 1).

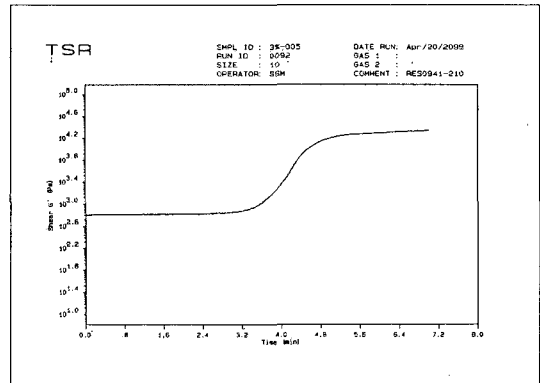


Fig. 1. A typical TSR (Thermal Scanning Rheometer) chart showing the changes of viscosity of samples due to the hardening. The part of flat line at lower side mean the unset stage of sample, and the part of slope on curve mean the hardening procedure, and the part of plateau mean the completion of hardening. From the start of mixing, time required for the first transition point mean the working time, and for the second transition point mean the setting time of alginate.

Table I. Experimental Groups

Code	Sodium Alginate	Sodium Phosphate	Calcium Sulfate	Zinc Fluoride	Magnesium Oxide	Diatomite	Total
0	15	2	14	3	0	66	100
1	15	2	14	3	1	65	100
2	15	2	14	3	2	64	100
3	15	2	14	3	3	63	100
4	15	2	14	3	4	62	100
5	15	2	14	3	5	61	100
6	15	2	14	3	6	60	100

Unit : Weight %.

② 탄성회복율

실험방법은 ISO 1563 알지네이트 인상재규격에 정해진 방법을 적용하였다. 내경 20.5mm 높이 19.0mm의 원통형 몰드에 혼합된 알지네이트를 채운 뒤, 외경 20.5mm 내경 12.5mm 높이 20.0mm의 분할몰드를 알지네이트 속으로 집어 넣어 분할몰드의 내부로 혼합된 알지네이트가 채워져 올라오도록 하여 시편 내부에 기포가 발생하지 않도록 하였다.

알지네이트가 들어 있는 몰드의 상하면을 유리판으로 눌러 상하면이 평행이 되도록 한 뒤, 혼합시작 후 1분이 경과하였을 때 $36\pm 1^{\circ}\text{C}$ 의 항온조에 넣었고, 미리 측정된 경화시간이 되었을 때, 분할모형을 분리하여 직경 12.5mm 높이 20.0mm의 알지네이트 시편을 만들었다.

알지네이트 시편을 탄성회복율 측정기(Mitsutoyo Co., Japan)에 위치시키고 경화시간으로부터 55초가 되었을 때 시편높이(a)를 측정하였으며, 경화시간으로부터 60초가 되었을 때 하중을 가하여 5초 동안 시편높이가 16mm가 되도록 하고 난 뒤 하중을 제거하여 원래의 형태로 돌아오도록 하였다. 경화시간으로부터 100초가 경과하였을 때 다시 시편높이(b)를 측정하였다.

탄성회복율은 다음 공식으로 구하였다.

$$\text{Recovery from deformation}(\%) = 100 \cdot (1 - (a-b)/S)$$

S = Specimen height

③ 압축변형율

실험방법은 ISO 1563 알지네이트 인상재규격에 정해진 방법을 적용하였다. 내경 20.5mm 높이 19.0mm의 원통형 몰드에 혼합된 알지네이트를 채운 뒤, 외경 20.5mm 내경 12.5mm 높이 20.0mm의 분할몰드를 알지네이트 속으로 집어 넣어 분할몰드의 내부로 혼합된 알지네이트가 채워져 올라오도록 하여 시편 내부에 기포가 발생하지 않도록 하였다.

알지네이트가 들어 있는 몰드의 상하면을 유리판으로 눌러 상하면이 평행이 되도록 한 뒤, 혼합시작 후 1분이 경과하였을 때 $36\pm 1^{\circ}\text{C}$ 의 항온조에 넣었고, 미리 측정된 경화시간이 되었을 때, 분할모형을 분리하여 직경 12.5mm 높이 20.0mm의 알지네이트 시편을 만들었다.

제작된 시편을 압축변형율 측정기(Mitsutoyo,

Japan)에 위치시킨 후 경화시간으로부터 60초가 경과하였을 때 125 그램의 하중을 시편에 가하였고 경화시간으로부터 90초가 되었을 때 시편 높이를 나타내는 다이알 게이지의 값을 읽어 그 것을 초기값(a)으로 하였다. 경화시간으로부터 120초가 되었을 때 1250 그램의 하중을 가하였고, 다시 경화시간으로부터 150초가 되었을 때 시편의 높이를 읽어 최종값(b)으로 하였다.

압축변형율은 다음 공식으로 구하였다.

$$\text{Strain in compression}(\%) = 100 \cdot (a-b)/S$$

S = Specimen height

④ 압축강도

실험방법은 ISO 1563 알지네이트 인상재규격에 정해진 방법을 적용하였다. 내경 20.5mm 높이 19.0mm의 원통형 몰드에 혼합된 알지네이트를 채운 뒤, 외경 20.5mm 내경 12.5mm 높이 20.0mm의 분할몰드를 알지네이트 속으로 집어 넣어 분할몰드의 내부로 혼합된 알지네이트가 채워져 올라오도록 하여 시편 내부에 기포가 발생하지 않도록 하였다.

알지네이트가 들어 있는 몰드의 상하면을 유리판으로 눌러 상하면이 평행이 되도록 한 뒤, 혼합시작 후 1분이 경과하였을 때 $36\pm 1^{\circ}\text{C}$ 의 항온조에 넣었고, 미리 측정된 경화시간이 되었을 때, 분할모형을 분리하여 직경 12.5mm 높이 20.0mm의 알지네이트 시편을 만들었다.

알지네이트 시편을 마련하여 만능시험기(Instron 4467, USA)에 위치시키고 경화시간으로부터 60초가 되었을 때 분당 1mm 속도로 하중을 가하여 하중이 더 이상 증가되지 않는 최대 하중을 기록하고 다음 공식으로 환산하여 압축강도로 하였다.

$$\text{Compressive strength} = 4F/\pi d^2$$

F = Maximum force
d = Diameter of specimen

⑤ 찢김저항강도

실험방법은 ISO 1564 아가 인상재규격에 정해진 방법을 적용하였다. 몰드를 유리판 위에 위치시킨 후 혼합된 알지네이트를 주입하고 다른 유리판으로 눌러 37°C 에 보관하였다. 측정된 경화시간이 되었을

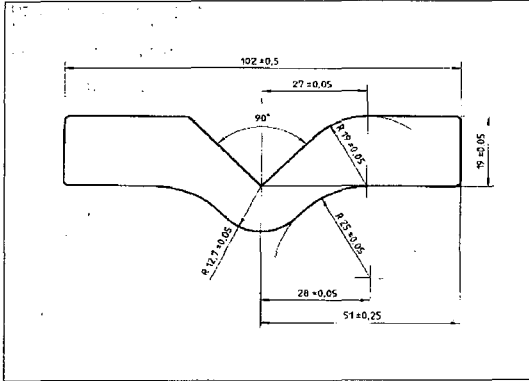


Fig. 2. Pattern of specimen for resistance to tearing test. (Copy from ISO 1564)

때 몰드로부터 시편을 제거하였다. 마련된 시편의 크기는 길이 102mm 폭 19mm 두께 4mm였다 (Fig. 2). 경화시간으로부터 1분이 경과하였을 때 찢김저항강도 측정기(Bestool, Kanon Co., Japan)에서 알지네이트 인상재가 파열될 때의 최대 강도를 찢김저항강도로 하였다.

⑥ 통계

작업시간과 경화시간, 탄성회복율, 압축변형율, 압축강도 및 찢김저항강도 실험의 각군의 실험치의 산술평균을 해당 실험군의 평균으로 하였고, 산화마그네슘의 증량에 따른 결과를 회귀분석하였다.

7개 군에 대해서 Duncan's multiple range test를 시행하여 각 군간의 유의차를 0.05 수준에서 검정하였고, 산화마그네슘에 의한 영향은 One-way ANOVA를 시행하여 일원분석하였다.

III. 결 과

1. 작업시간과 경화시간

(1) 작업시간

작업시간은 산화마그네슘의 증량에 따라 1.75분, 3.12분, 4.36분, 4.25분, 4.25분, 4.18분, 5.11분으로 증가되는 경향을 나타내었다(Table II).

이것을 막대그래프로 비교한 결과, 대조군인 0%에 비해서 6%실험군은 현저히 작업시간이 증가된 양상

을 나타내었다(Fig. 3).

선형회귀분석에 의하면 산화마그네슘의 증량에 따른 작업시간의 증가관계는 $y=0.4321x+2.5663$ 이었고 상관계수는 0.7243이었다(Fig. 4).

이러한 관계에 대한 통계결과에서, p값이 0.0001 이하였으므로, 산화마그네슘의 증량은 작업시간을 증가시켰다.

(2) 경화시간

경화시간도 작업시간과 같이 산화마그네슘을 첨가한 실험군은 첨가하지 않은 대조군에 비하여 현저히 길어지는 것으로 나타났다. 산화마그네슘의 증량에 따라서 경화시간은 2.66분, 6.15분, 7.38분, 7.08분, 6.77분, 6.55분, 7.53분을 나타내었다(Table III).

막대그래프로 비교한 결과, 산화마그네슘을 첨가하지 않은 대조군인 0%군에 비하여 첨가된 경우들에서 현저히 경화시간이 길어졌다(Fig. 5).

회귀분석결과에서는 산화마그네슘의 증량에 의한 경화시간 증가관계가 $y=0.5274x+4.7235$ 이며 이것의 상관계수는 0.4628인 것으로 나타났다(Fig. 6).

통계처리결과에서는 작업시간에서와 같이 p값이 0.0001이하인 것으로 나타나, 산화마그네슘의 첨가나 증량에 의해서 경화시간이 길어졌다.

(3) 작업시간과 경화시간의 비교

측정된 작업시간과 경화시간을 비교하였고(Fig. 7), 두 측정치의 회귀분석결과를 하나의 그래프에 비교하였다(Fig. 8). 작업시간의 회귀직선과 경화시간의 회귀직선이 거의 평행인 것으로 나타났고, 따라서 산화마그네슘이 반응시간을 단축시키지는 않았다.

측정곡선 중 7개군을 대표할 수 있는 것을 하나의 그래프에 중첩시켰을 때, 여러개의 곡선 중에 중앙에 위치한 직선형태의 것이 대조군의 것이며, 나머지 것들이 산화마그네슘을 함유하고 있는 실험군들의 것이다. 대조군의 것은 작업시간을 의미하는 처음 꺾임점이 나타나지 않을 정도로 작업시간이 짧은 것을 의미하며, 경화시간을 의미하는 두 번째 꺾임점은 그래프에 나타나 있으나, 역시 다른 실험군에 비해 빨리 나타나 있어 대조군의 경화시간이 다른 실험군들에 비하여 짧은 것을 의미하고 있다(Fig. 9).

Table II. Working Time

Groups	Mean	S.D.	C.V.	Max.	Min.	Duncan's Group
0	1.75	0.00	0.0	1.75	1.75	D
1	3.12	0.10	3.3	3.26	2.97	C
2	4.36	0.21	4.8	4.61	4.13	B
3	4.25	0.12	2.7	4.38	4.09	B
4	4.25	0.08	1.8	4.34	4.15	B
5	4.18	0.15	3.6	4.39	4.00	B
6	5.11	0.32	6.2	5.66	4.86	A

Unit: min., S.D.: Standard Deviation, C.V.: Coefficient of Variance.

Same characters written in column of Duncan's group mean no statistical differences between groups at 0.05 level.

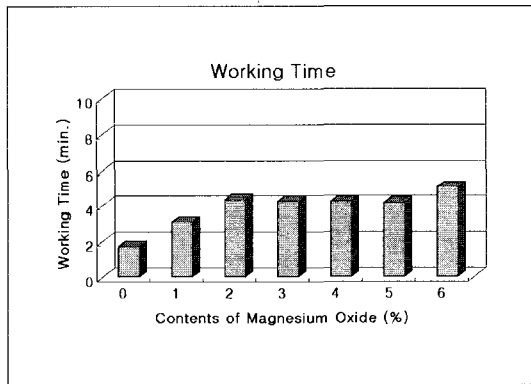


Fig. 3. Comparison of working time of various groups with increased contents of magnesium oxide. 6% MgO group showed the significantly increased working time than 0% MgO group as control group.

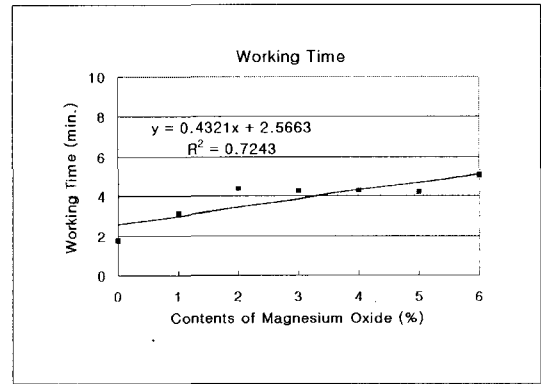


Fig. 4. Result of regression analysis between working time and MgO contents. Increasing pattern are shown with coefficient of 0.7243.

Table III. Setting Time

Groups	Mean	S.D.	C.V.	Max.	Min.	Duncan's Group
0	2.66	0.07	2.6	2.72	2.55	F
1	6.15	0.19	3.1	6.44	5.99	E
2	7.38	0.09	1.2	7.49	7.24	A
3	7.08	0.17	2.4	7.27	6.90	B
4	6.77	0.20	3.0	6.97	6.51	C
5	6.55	0.12	1.8	6.69	6.42	D
6	7.53	0.13	1.7	7.65	7.35	A

Unit: min., S.D.: Standard Deviation, C.V.: Coefficient of Variance.

Same characters written in column of Duncan's group mean no statistical differences between groups at 0.05 level.

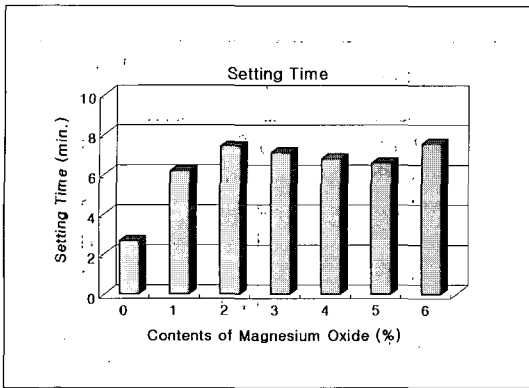


Fig. 5. Comparison of setting time lengthened by the incorporation of MgO. All experimental groups showed the lengthened setting time than a control group which does not contain magnesium oxide.

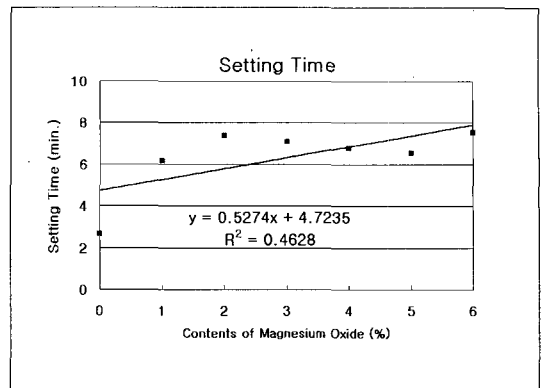


Fig. 6. Linear regression analysis between the contents of magnesium oxide and the setting time. Increasing pattern was confirmed.

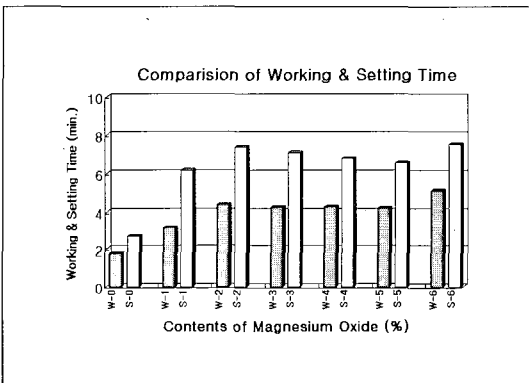


Fig. 7. Comparison of working time and setting time (Legend: White bar: Setting time, Black bar: Working time).

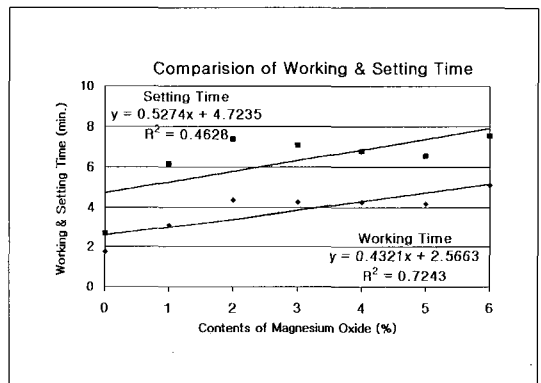


Fig. 8. Comparison of two lines obtained from regression analysis. Two lines exhibited the parallel which mean that MgO did not shortened the reaction time.

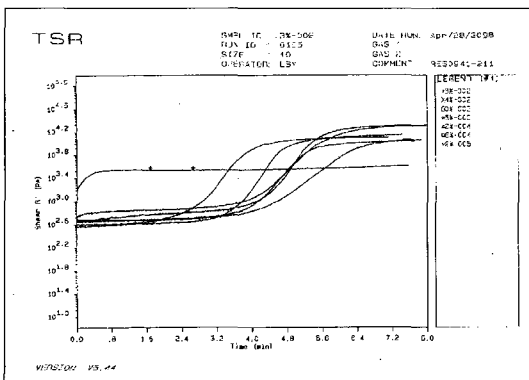


Fig. 9. Overlapped view of seven TSR curves. A straight line at middle part is one of control group. On this line, the first transition point was not displayed because of short working time, and the second transition point was displayed faster than the other group's curves.

2 탄성회복율

탄성회복율은 산화마그네슘의 증량에 따라 97.39MPa, 97.12MPa, 97.09MPa, 97.19MPa, 97.35MPa, 97.27MPa, 97.35MPa의 결과를 보였다(Table IV).

탄성회복율을 비교한 막대그래프에서는 산화마그네슘의 증량에 의해 거의 변화가 없었다(Fig. 10).

회귀분석결과에서는 산화마그네슘의 증량과 탄성회복율의 관계는 $y=0.017x+97.206$ 로 나타나 기울기의 변화가 거의 없는 것으로 나타났으며, 이때의 상관성은 0.0918로 나타내었다(Fig. 11).

통계결과에서는 p 값이 0.2658로 나타났으며, 따라

서 산화마그네슘의 함량은 탄성회복율에 영향을 미치지 않는 것으로 확인되었다.

3. 압축변형율

산화마그네슘의 증량에 따라 압축변형율은 31.99%, 30.64%, 22.81%, 17.73%, 12.90%, 29.86%, 28.72%로 나타났으며, 2%부터 4%군의 경우가 유의하게 낮은 압축변형율을 나타내었다(Table V).

이것을 그래프로 비교하면 역시 2%내지 4%사이에서 현저하게 압축변형율이 작은 것을 보였다(Fig. 12).

회귀분석결과에서는 분석곡선상 3%부근에서 압

Table IV. Elastic Recovery

Groups	Mean	S.D.	C.V.	Max.	Min.	Duncan's Group
0	97.39	0.17	0.2	97.63	97.12	A
1	97.12	0.17	0.2	97.49	96.92	A
2	97.09	0.44	0.4	97.86	96.43	A
3	97.19	0.29	0.3	97.68	96.67	A
4	97.35	0.41	0.4	97.95	96.46	A
5	97.27	0.26	0.3	97.74	97.01	A
6	97.35	0.37	0.4	97.97	97.00	A

Unit: %, S.D.: Standard Deviation, C.V.: Coefficient of Variance.

Same characters written in column of Duncan's group mean no statistical differences between groups at 0.05 level.

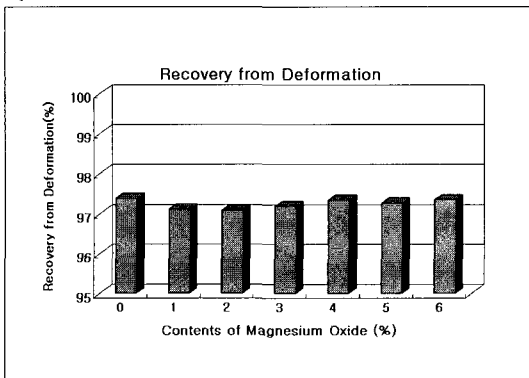


Fig. 10. Comparison of elastic recovery. All groups showed similar results.

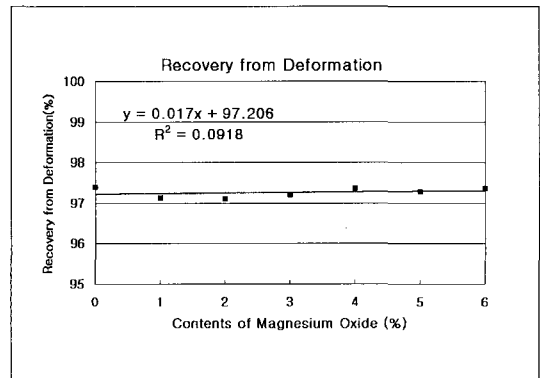


Fig. 11. Regression analysis result between magnesium oxide contents and elastic recovery.

Table V. Strain in Compression

Groups	Mean	S.D.	C.V.	Max.	Min.	Duncan's Group
0	31.99	0.92	2.9	33.27	30.80	A
1	30.64	0.29	1.9	31.98	29.95	A B
2	22.81	1.29	5.7	24.84	21.13	D
3	17.73	4.30	24.3	23.52	11.75	E
4	12.90	2.17	16.8	14.98	9.09	F
5	29.86	0.96	3.2	31.46	28.24	B C
6	28.72	1.04	3.6	30.80	27.41	C

Unit : %, S.D.: Standard Deviation, C.V.: Coefficient of Variance.

Same characters written in column of Duncan's group mean no statistical differences between groups at 0.05 level.

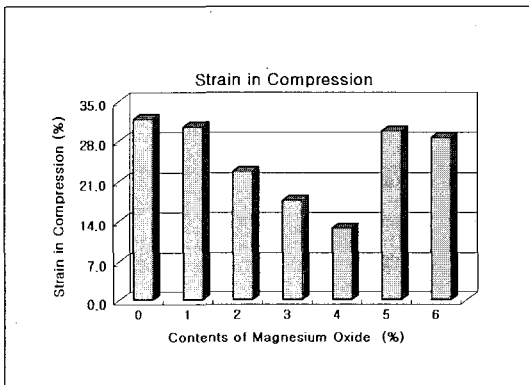


Fig. 12. Comparison of strain in compression. 4% group showed the lowest value.

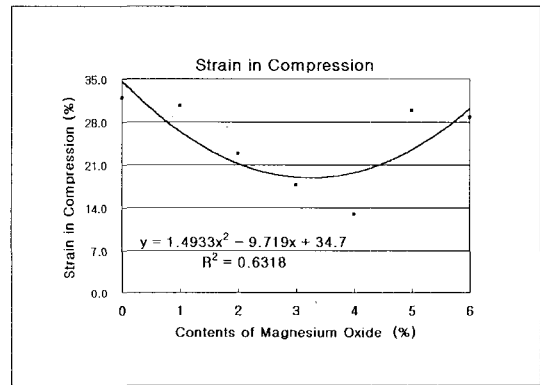


Fig. 13. Result of regression test for strain in compression. Lowest portion of curve was located at approximately 3% MgO.

축변형율이 가장 적을 수 있음을 나타내었다(Fig. 13).

이와 같은 결과는 통계적으로도 p 값이 0.0001이하인 것으로 나타나, 압축변형율은 산화마그네슘함량 2%내지 4%에서 최저값을 나타내었다.

4. 압축강도

알지네이트의 압축강도는 산화마그네슘의 증량에 의해 0.242Mpa, 0.273MPa, 0.319MPa, 0.349MPa, 0.393MPa, 0.396MPa, 0.438MPa 순으로 증가되었고, 현저하게 증가되고 있음이 Duncan's group

결과 확인되었다(Table VI).

이 결과를 막대그래프로 비교하면 산화마그네슘의 증량에 의해 압축강도가 계단식으로 증가하고 있음을 보였다(Fig. 14).

회귀분석 결과에서 산화마그네슘 함량과 압축강도의 관계는 $y=0.0324x+0.247$ 이었고 상관계수는 0.9803으로 매우 높았다(Fig. 15).

통계결과에서 p 값은 0.0001 이하로서 산화마그네슘의 증량은 압축강도를 증가시켰다.

Fig. 16에 대조군의 실제측정 곡선과 6%실험군의 대표적인 곡선을 비교하였다.

Table VI. Compressive Strength

Groups	Mean	S.D.	C.V.	Max.	Min.	Duncan's Group
0	0.242	0.01	4.6	0.261	0.228	E
1	0.273	0.01	3.9	0.290	0.252	D
2	0.319	0.01	4.7	0.334	0.283	C
3	0.349	0.01	4.0	0.369	0.322	C
4	0.393	0.01	2.5	0.413	0.379	B
5	0.396	0.02	5.3	0.436	0.368	B
6	0.438	0.03	5.7	0.490	0.406	A

Unit: MPa, S.D.: Standard Deviation, C.V.: Coefficient of Variance.

Same characters written in column of Duncan's group mean no statistical differences between groups at 0.05 level.

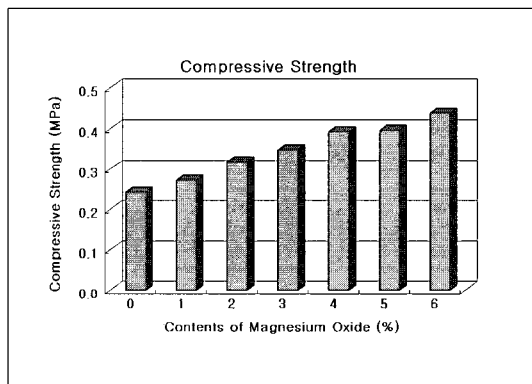


Fig. 14. Comparison of compressive strength of seven experimental alginate. Stepwise increase of compressive strength by the increase of magnesium oxide contents were exhibited.

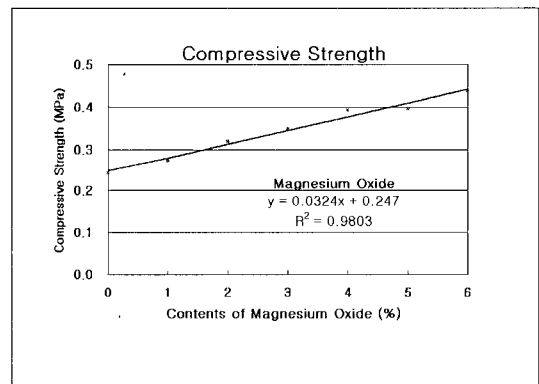


Fig. 15. Regression result. Magnesium oxide contents made compressive strength higher with highly matched coefficient as 0.9803.

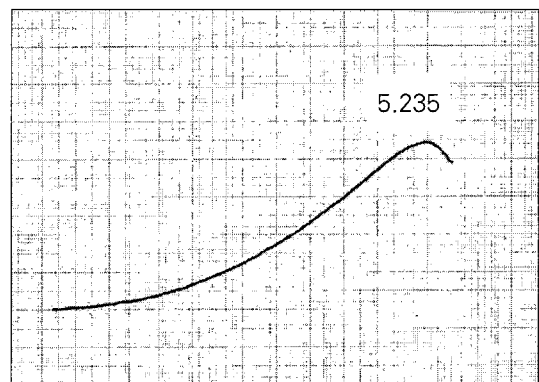
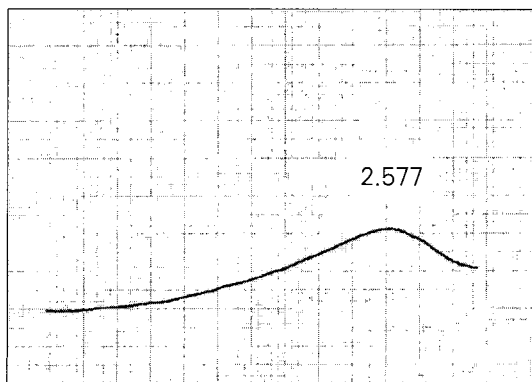


Fig. 16. Comparison of typical Instron charts of 0% and 6% groups.

Table VII. Tear Resistance

Groups	Mean	S.D.	C.V.	Max.	Min.	Duncan's Group
0	0.61	0.09	15.1	0.79	0.49	B
1	0.55	0.05	8.8	0.61	0.49	C
2	0.51	0.04	8.0	0.55	0.46	C
3	0.61	0.02	3.9	0.64	0.58	B
4	0.68	0.05	7.9	0.73	0.61	A B
5	0.66	0.06	9.1	0.73	0.55	A
6	0.67	0.07	10.5	0.73	0.55	A

Unit: N, S.D.: Standard Deviation, C.V.: Coefficient of Variance.

Same characters written in column of Duncan's group mean no statistical differences between groups at 0.05 level.

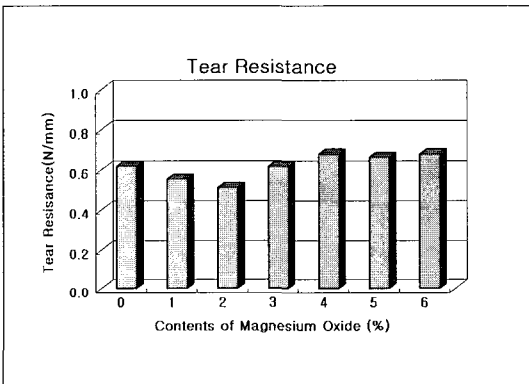


Fig. 17. Comparison of tear resistance. Results of 3%, 4%, 5%, 6% groups were same or higher than the results of 0% control group.

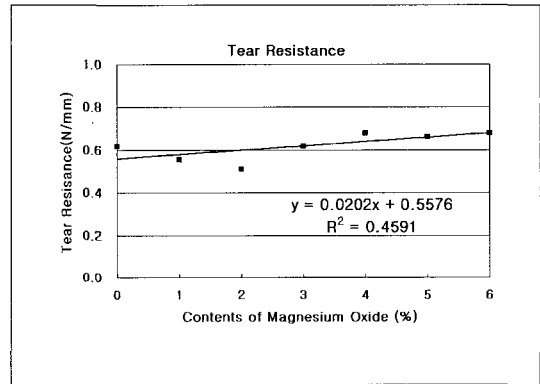


Fig. 18. Regression test result showing the increase of tear resistance obtained by the increase of magnesium oxide contents.

5. 찢김저항강도

산화마그네슘의 증량에 따라 찢김저항강도는 0.61N, 0.55N, 0.51N, 0.61N, 0.68N, 0.66N, 0.67N의 순으로 변화되었으며, 그 중에서 4%, 5%, 6% 실험군이 통계적으로 높은 찢김저항강도를 보였다 (Table VII).

막대 그래프 비교에서도 3% 이상에서는 대조군에 비해 같거나 높은 찢김저항강도를 보였다(Fig. 17).

회귀분석결과에 의하면 산화마그네슘의 증량에 따른 찢김저항강도의 증가관계는 $y=0.0202x+0.5676$ 이었으며, 이때의 상관계수는 0.4591이었다(Fig. 18).

통계처리 결과 이와 같은 관계는 p값이 0.0001이하인 것으로 나타나, 산화마그네슘의 증량은 알지네이트 인상재의 찢김저항강도를 증가시켰다.

IV. 고 찰

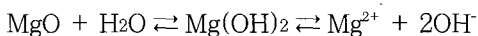
치과용 알지네이트 인상재는 알긴산 나트륨분자의 나트륨이 다른 금속이온으로 치환되면서 분자간의 결합으로 중합이 일어난다. 현재에는 칼슘과 같은 금속이온이 이용되고 있으나, 다른 종류의 금속이온을 이용하여도 중합이 일어나며 알지네이트 인상재를 경화시킬 수 있다.

경화된 알지네이트 인상재의 물성은 중합시 사용된 금속이온의 종류에 의해서 영향을 받을 것으로 생각된다.

이 연구의 목적은 산화마그네슘을 첨가하였을 때 경화된 알지네이트 인상재의 특성 변화를 검토한 것이다.

산화마그네슘은 물에 대해서 아주 작은 용해도를 가지며, 그 수용액은 약한 염기성을 나타내므로, 첫 번째 가정은 알지네이트에 산화마그네슘을 첨가하면 작은 양의 마그네슘 금속이온을 추가로 공급함으로써 알지네이트의 기계적 특성을 증진할 수 있고, 두 번째 가정은 금속이온을 공급하더라도 pH가 높으므로 알지네이트의 경화시간을 심하게 단축시키지는 않을 것이라는 것이었다.

산화마그네슘은 다음 반응에 의해 약염기성을 띤다.



이 실험결과 알지네이트에 산화마그네슘을 증량하여 첨가하면 경화시간과 작업시간을 증가시키는 것으로 확인되었다($p < 0.0001$). 이 결과는 가정한 바와 같이 산화마그네슘의 첨가에 의해 pH의 조절이 일어났기 때문인 것으로 생각된다.

Anastassiadou등³⁾은 알지네이트의 경과과정 중에 pH가 염기성, 중성, 산성의 순으로 변화된다고 하였다. 이 실험에 사용된 산화마그네슘은 알지네이트 혼합물의 pH를 약염기성으로 유지하므로서 경화시간을 지연시켰을 것으로 생각된다.

산화마그네슘으로 알지네이트의 pH를 조정하는 것이 가능할 것으로 생각되며, pH에 의해서 색상이 변화되는 지시약을 첨가하면 색지시형 알지네이트의 개발도 무난할 것으로 생각된다.

Anastassiadou등⁴⁾은 알지네이트의 pH가 크기변화에 영향을 미친다고 하였는 바, 산화마그네슘에 의한 pH의 변화는 알지네이트의 크기변화량을 조절할 수 있는 중요한 변수로서 사용될 수 있을 것이다.

알긴산 나트륨과 칼슘간의 반응은 매우 급속하게 일어난다. 따라서 인산칼슘계 시멘트에 알긴산 나트륨을 첨가하면 경화시간을 단축할 수 있다.

이와 같은 목적으로 Ishikawa등⁵⁻⁷⁾이 급속경화형 인산칼슘시멘트의 제조에 2% 내지 8%의 알긴산나트륨을 첨가하였다.

일반적으로 알지네이트의 경화시간은 반응지연제

로 조절되고, 널리 사용되고 있는 반응지연제는 인산 나트륨 계열의 물질들이다. 인산 나트륨이 황산 칼슘과 반응하는 동안은 전혀 경화되지 않으므로 작업시간을 얻을 수 있고, 그 반응이 종료되면 급속히 반응이 일어나 더 이상 강도가 증가되지 않는다. 이러한 사실은 고무인상재의 경화 양상과는 다른 것이다.

Inoue등⁸⁾은 알지네이트와 고무인상재의 경화양상의 현저한 차이를 보고하였다.

인산 나트륨도 경화된 알지네이트의 기계적 성질을 개선할 수 있으나, 다량 사용할 때 알지네이트의 경화시간을 지나치게 연장하여 사용이 불가능하게 된다. 이와 같은 문제점은 향후 산화마그네슘으로 해결될 것으로 생각된다.

이 연구에서 알지네이트의 작업시간과 경화시간을 측정하기 위해서 사용된 Rheometer는 Abusai등⁹⁾과 Shigeto등¹⁰⁾에 의해 기구의 합리성이 보고된 바 있다.

비록 알지네이트의 경화시간을 산화마그네슘이 지연시키는 것은 하지만 알지네이트의 중요한 임상적 물성중 하나인 탄성회복률은 전혀 감소시키지 않는 것으로 확인되었다. 즉 산화마그네슘으로 경화시간을 조정할 경우에도 알지네이트의 탄성회복률은 악화되지 않음을 의미하며, 아울러 산화마그네슘의 존재하에 경화된 알지네이트가 더 우수한 탄성회복률을 보이지 않음을 의미한다.

탄성회복률은 보철물의 정밀도와 그로 인한 임상적 실패에 영향을 미치는 중요한 변수임은 Picton과 Creasey¹¹⁾에 의해 보고되었고, 탄성회복률에 관한 Cook¹⁾의 연구에 의하면 알지네이트의 탄성회복률은 펠러입자의 형태에 의해 영향을 받는다고 하였다.

산화마그네슘으로부터 유리된 마그네슘이온은 알지네이트의 압축강도를 증가시키는 것으로 확인되었다($p < 0.0001$). 이 결과는 이 실험의 가정과 일치하는 결과였다.

알지네이트의 압축강도를 증가시키는 조건에 관한 연구는 Becker등¹²⁾의 보고가 유일한 것이다. 이 결과에서는 알긴산의 순도를 높이는 방법으로 알지네이트의 압축강도를 높일 수 있다고 하였다.

압축강도에 비해서 현저하지는 않지만 찢김저항강도도 다소 증가되는 것으로 확인되었으며, 산화마그네슘을 이용하여 찢김저항강도를 증진할 수 있는 합

량은 3%이상이었다.

알지네이트의 찢김저항강도에 대해서 Vrijhoef등¹³⁾과 Cohen등¹⁴⁾은 제품간에 현저한 차이가 있음을 보고 하였고, Hondrum과 Fernandez¹⁵⁾는 알지네이트를 고온에 장기간 보관하여도 찢김저항강도가 감소되지 않음을 보고하였다. Veres등¹⁶⁾은 알지네이트에 분진방지목적으로 첨가되는 계면활성제의 종류가 찢김저항강도에 영향을 미친다고 하였다.

Cook¹⁾은 알긴산 함량이 알지네이트의 찢김저항강도를 높일 수 있다고 하였다.

이상과 같이 선학들의 연구에서는 알지네이트의 찢김저항강도를 높일 수 있는 이온의 종류가 보고되지 않았으며, 이 연구의 결과에서 마그네슘 3%이상에서 찢김저항강도가 다소 증가되었는 바, 향후 다른 종류 이온의 탐색에 의해 알지네이트의 찢김저항강도를 높이는 이온이 발견될 것으로 생각한다.

이 연구의 궁극적인 목표는 알지네이트의 물성을 개선하여 임상적인 효능을 개선할 수 있는 금속이온을 탐색하는 것이었다.

이 연구의 결과 산화마그네슘은 알지네이트의 경화시간을 충분히 조절할 수 있으면서, 탄성회복율을 악화시키지는 않는 조건하에서 기계적 성질을 개선할 수 있는 성분인 것으로 확인되었다.

V. 결 론

산화마그네슘은 알지네이트의 pH를 증가시키고 마그네슘이온을 알지네이트의 중합반응에 관여하도록 할 수 있다. 이 연구의 목적은 알지네이트의 성분에 산화마그네슘을 첨가하였을 때 나타나는 특성의 변화를 관찰한 것이다.

7가지 실험적 알지네이트를 제조하여 사용하였다. 실험 알지네이트들의 알긴산 나트륨, 황산칼슘, 인산 나트륨 및 불화이연의 함량은 각각 15%, 14%, 2%, 3%로 동일하였고, 산화마그네슘의 함량을 0%, 1%, 2%, 3%, 4%, 5%, 6%로 달리하였으며, 나머지 성분으로 규조토를 첨가하였다. 대조군은 산화마그네슘이 첨가되지 않은 0% 실험군이었다.

작업시간과 경화시간, 탄성회복율, 압축변형율, 압축강도와 찢김저항강도가 측정되었다. 각 실험군당 시편수는 10개였고, 각 실험군에서 측정된 수치와 산술평균을 평균값으로 하였고, 모든 실험항목에 대

하여 산화마그네슘 함량과 측정결과간에 회귀분석을 시행하였으며, 실험군간의 비교는 0.05수준에서 Duncan's test로 시행하였고, 산화마그네슘 함량 변수에 대해서는 One-way ANOVA test로 검정하였다.

실험결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 산화마그네슘은 알지네이트의 작업시간과 경화시간을 증가시켰다($p < 0.0001$).
2. 산화마그네슘은 알지네이트의 탄성회복율을 변화시키지 않았다($p > 0.05$).
3. 산화마그네슘 함량 2~4%에서 압축변형률이 가장 적었다($p < 0.0001$).
4. 산화마그네슘은 알지네이트의 압축강도와 찢김저항강도를 증가시켰다($p < 0.0001$).

이상의 결과는 산화마그네슘을 이용하여 알지네이트의 탄성회복율을 감소시키지 않으면서, 경화시간을 조절할 수 있고 기계적 성질을 개선할 수 있음을 의미한다.

참고문헌

1. Cook W. : Alginate dental impression materials: chemistry, structure, and properties. *J Biomed Mater Res.* 20:1-24. 1986.
2. Unemori M, Matsuya Y, Matsuya S, Akashi A, Mizuno K, Akamine A. : Formulation of glutaraldehyde disinfectant for alginate impressions. *Dent Mater J.* 18:337-46. 1999.
3. Anastassiadou V, Dolopoulou V, Kaloyannides A. : The relation between thermal and pH changes in alginate impression materials. *Dent Mater.* 11:182-5. 1995.
4. Anastassiadou V, Dolopoulou V, Kaloyannides A. : Relationship between pH changes and dimensional stability in irreversible hydrocolloid impression material during setting. *Int J Prosthodont.* 8:535-40. 1995.
5. Ishikawa K, Miyamoto Y, Kon M, Nagayama M, Asaoka K. : Non-decay type

- fast-setting calcium phosphate cement: composite with sodium alginate. *Biomaterials*. 16:527-32. 1995.
6. Ishikawa K, Miyamoto Y, Takechi M, Toh T, Kon M, Nagayama M, Asaoka K. : Non-decay type fast-setting calcium phosphate cement: hydroxyapatite putty containing an increased amount of sodium alginate. *J Biomed Mater Res*. 36:393-9. 1997.
 7. Ishikawa K, Miyamoto Y, Takechi M, Ueyama Y, Suzuki K, Nagayama M, Matsumura T. : Effects of neutral sodium hydrogen phosphate on setting reaction and mechanical strength of hydroxyapatite putty. *J Biomed Mater Res*. 44:322-9. 1999.
 8. Inoue K, Kakigawa H, Matsushita S, Yamada S, Hayashi I. : Fundamental studies of elastic impression materials (part III). Viscoelastic properties from start of mix for alginate impression materials. *Shika Rikogaku Zasshi*. 19:48-52. 1978.
 9. Abuasi HA, McCabe JF, Carrick TE, Wassell RW. : Displacement Rheometer: a method of measuring working time and setting time of elastic impression materials. *J Dent*. 21:360-6. 1993.
 10. Shigeto N, Yamada Y, Iwanaga H, Subianto A, Hamada T. : Setting properties of alginate impression materials in dynamic viscoelasticity. *J Oral Rehabil*. 24:761-5. 1997.
 11. Picton DC, Creasey SJ. : Some causes of failure of crowns, bridges and dentures. *J Oral Rehabil*. 16:109-18. 1989.
 12. Becker TA, Kipke DR, Brandon T. : Calcium alginate gel: a biocompatible and mechanically stable polymer for endovascular embolization. *J Biomed Mater Res*. 54:76-86. 2001.
 13. Vrijhoef MM, Lourens FL, Leydekkersgovers GF. : A modified technique to determine the tear energy of impression materials. *J Oral Rehabil*. 13:325-8. 1986.
 14. Cohen BI, Pagnillo MK, Musikant BL, Deutsch AS. : Tear strength of four irreversible hydrocolloid impression materials. *J Prosthodont*. 7:111-3. 1998.
 15. Hondrum SO, Fernandez R. : Effects of long-term storage on properties of an alginate impression material. *J Prosthet Dent*. 77:601-6. 1997.
 16. Veres E, Slabbert JC, Becker P. : The effect of dust-suppressant additives on the physical properties of an irreversible hydrocolloid. *J Prosthet Dent*. 63:90-4. 1990.

Reprint request to:

Yi-Hyung Woo, D.M.D., M.S.D., Ph.D.

Department of Prosthodontics, Division of Dentistry, Graduate School, Kyung Hee University #1, Hoigi-Dong, Dongdaimun-Gu, Seoul, 130-701, Korea
 yhwoo@khu.ac.kr

ABSTRACT

EFFECT OF MAGNESIUM OXIDE CONTENTS ON THE PROPERTIES OF EXPERIMENTAL ALGINATES

Ill-Hwan Bae, D.M.D., M.S.D., Yi-Hyung Woo, D.M.D., M.S.D., Ph.D.,
Dae-Gyun Choi, D.D.S., Ph.D.

*Department of Prosthodontics, Division of Dentistry, Graduate School,
Kyung-Hee University, Seoul, Korea*

Statement of problem : Magnesium oxide may increase pH of alginate, and supply magnesium ions to the polymerization reaction of alginate.

Purpose : This study was designed to evaluate the influence of incorporation of magnesium oxide to alginate composition.

Material and Method : Seven kinds of experimental alginates were prepared and used for the experiments. Components with unchanging concentrations were sodium alginate 15%, calcium sulfate 14%, sodium phosphate 2%, and zinc fluoride 3%. Contents of magnesium oxide were varied as 0%, 1%, 2%, 3%, 4%, 5%, 6%. Diatomaceous earth were added to each experimental groups as balance to be 100%. Control group was a MgO 0% group.

Working time, setting time, elastic recovery, strain in compression, compressive strength and tear resistance were measured were measured. Sample size for each groups were 10. Arithmetic means were used as each groups representative values. Regression test between MgO contents and results, Duncan's multiple range test, and One-way ANOVA test were done between groups at level of 0.05.

Results :

1. Magnesium oxide made the working time and setting time as longer($p < 0.0001$).
2. Magnesium oxide did not alter the elastic recovery($p > 0.05$).
3. Magnesium oxide contents between 2% and 4% exhibited the lowest strain in compression on alginates($p < 0.0001$).
4. Magnesium oxide made the compressive strength and the tear resistance stronger($p < 0.0001$).

Conclusion : These results mean that setting time of alginate maybe controlled and that mechanical properties maybe improved by the incorporation of magnesium oxide into alginate, without any reduction of elasticity.

Key words : Magnesium oxide, Alginate, Elasticity