

알긴산소오다 함량이 실험적 알지네이트 인상재의 압축변형율, 탄성회복율 및 압축강도에 미치는 영향

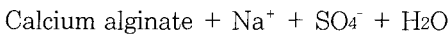
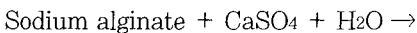
경희대학교 치과대학 치과보철학교실

이용식 · 최부병 · 이성복

I. 서 론

치과용 알지네이트 인상재는 치과 진료 및 기공 과정시 가장 흔히 사용하는 인상재 중 하나이다. 알지네이트 인상재는 비가역성 수경 콜로이드 인상재로 가역성 수경 인상재인 아가나 다른 고무 계열의 인상재보다 탄성 회복율, 찢김 저항성, 미세 재현성 등에서는 물성이 낮지만 높은 정밀성이 필요하지 않은 예비 모형, 진단 모형, 작업 모형에 교합되는 대합치열의 인기 및 모형의 복제 등에 널리 사용되고 있다.

알지네이트는 알긴산의 소오다염 혹은 포타슘염과 칼슘이온과의 치환반응에 의해 경화반응을 한다. 알지네이트 분말과 물을 혼합하면 부드러운 탄성을 갖는 응괴를 형성하며 혼합 후 수분 이내에 비가역적인 겔의 형태가 된다.¹⁾



일반적으로 칼슘이온은 염화칼슘이나 황산칼슘을 사용하며, 이와 같은 물질로부터 유리되는 칼슘이온과 알긴산소오다의 반응은 급속하게 일어나므로 인산소오다를 배합하여 반응속도를 지연시킨다.

알지네이트의 성분과 주요 역할은 Table I 과 같다.

치과용 알지네이트는 점탄성 재료로 치아 혹은 구강 조직의 최대 풍응부를 빠져나올 때 발생하는 변형이 완전히 회복되지 않고 영구 변형으로 남게 된다. 영구 변형의 양은 알지네이트의 탄성 회복, 압축

변형, 압축 강도 등에 의해 영향을 받게 되며 이러한 알지네이트의 물성에는 알지네이트 내의 성분이 중요한 변수로 작용한다고 알려져 있다. 그러므로 임상적으로 사용 가능한 알지네이트의 표준을 위해 국제 표준 규격²⁾과 미국 치과의사협회 규격³⁾이 있으며 한국 치과의사협회 규격⁴⁾에서도 알지네이트 인상재의 특성 중 압축 변형율, 탄성 회복율, 압축 강도, 경화시간 그리고 미세부 재현성에 대한 규격을 정하고 있다.

이 중 특히 미국 치과의사협회 규격³⁾이 많이 적용되고 있는데 Koski⁵⁾는 알지네이트 혼합기계의 유용성 검증에, Suchak 등⁶⁾은 실리콘을 함유한 알지네이트의 평가에 미국치과의사협회 규격을 이용하였고, 국내에서는 김과 허 등⁷⁾이 국내에서 판매하는 알지네이트의 규격 및 안정성의 평가에, 김 등⁸⁾은 영구변형에 대한 실험에, 이 등⁹⁾은 실험적 알지네이트의 특성 연구에 이를 적용하였다.

알지네이트의 물리적 기계적 성질에 관한 Caputo 등¹⁰⁾과 Phillips¹¹⁾의 연구, 그리고 알지네이트 인상재의 영구 변형율과 이에 미치는 영향 요소에 관한 Wilson 등¹²⁾의 연구가 있으며, 혼수비의 변화에 따른 기존형과 무분진형 알지네이트의 영구 변형에 관한 김 등⁸⁾의 연구가 보고된 바 있지만 알지네이트의 성분비의 변화에 따른 알지네이트의 물성 변화에 대해서는 구체적으로 어떠한 성분이 그리고 성분 비율의 변화가 알지네이트의 물성에 어떠한 영향을 미치는지에 대한 구체적인 자료는 아직 미비하다.

Table I. Ingredients and their function in alginate powder

Ingredients	Function
Sodium alginate salts	To dissolve in water
Calcium sulfate	To react to dissolved alginate to form insoluble calcium alginate
Sodium phosphate	To react preferentially with calcium sulfate
Diatomaceous earth or silicate powder	To control consistency of mix and flexibility of impression
Potassium sulfate or potassium zinc fluoride	To counteract inhibiting effect of alginate on setting model or die material

이에 임상적으로 사용 가능하고 국제 표준 규격 및 미국 치과의사협회 규격에 적합하면서 최적의 물성을 갖는 알지네이트를 제조하기 위하여 알지네이트의 성분 중 알긴산 소오다의 함량을 변화시켜 알지네이트 인상재의 물성 중 압축강도, 압축 변형율, 탄성 회복율에 미치는 영향을 구명하고자 본 연구를 시행하였다.

II. 연구재료 및 방법

1. 실험재료

시판되는 알지네이트 인상재 3종을 선택하여 압축 변형과 탄성회복율 그리고 압축강도를 측정 한 후, 실험적으로 제조한 알지네이트 인상재의 실험성과 비교하였다. 시판 알지네이트의 상품명과 제조사는 Table II, 그리고 성분은 Table III과 같다.

알긴산소오다의 함량을 변화시킨 실험적 알지네이트의 조성은 Table IV와 같다. 알긴산소오다의 함량을 8.8%, 9.7%, 10.8%, 12.3%, 14.1%, 16.6%, 18.3%로 증가시켰고, 상대적으로 규조토의 함량을 74.5%에서부터 65.0%로 감소시켰다. 인산소오다(2.2%) 황산칼슘(12.5%) 그리고 불화아연(2.0%)의 함량은 일정하게 유지하였다.

실험에 사용한 알긴산소오다와 인산소오다, 황산칼슘, 불화아연, 규조토는 모두 Aldrich사(U.S.A.)의 것을 사용하였고, 입자크기는 200 mesh 이하인 것을 선택하였다. 분말의 혼합은 혼합기의 속도를 200 rpm으로 하고 30분간 혼합하였다. 제조된 실험적 알지네이트는 밀폐하여 실온에 보관하였다.

2. 실험방법

가) 시편의 제작

실험방법은 ISO 1563 알지네이트 인상재 규격에 정해진 방법을 적용하였다. 분할몰드에 혼합된 알지네이트를 주입하여 $37\pm 1^\circ\text{C}$ 의 항온조에서 경화시킨 후, 몰드에서 시편을 분리하였다.

내경 20.5mm 높이 19.0mm의 원통형 몰드에 혼합된 알지네이트를 채운 뒤, 외경 20.5mm 내경 12.5mm 높이 20.0mm의 분할몰드(Fig. 1)를 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 $37\pm 1^\circ\text{C}$ 의 항온조에 넣었고, 미리 측정된 경화시간이 되었을 때, 분할모형을 분리하여 직경 12.5mm 높이 20.0mm의 알지네이트 시편을 만들었으며 각 군당 시편은 10개씩 제조하였다.

나) 압축변형율의 측정

제작된 시편을 압축변형율 측정기에 위치시킨 후 경화시간으로부터 60초가 경과하였을 때 125 그램의 하중을 시편에 가하였고 경화시간으로부터 90초가 되었을 때 시편 높이를 나타내는 다이얼 게이지의 값을 읽어 그것을 초기값(a)으로 하였다. 경화시간으로부터 120초가 되었을 때 1250 그램의 하중을 가하였고, 다시 경화시간으로부터 150초가 되었을 때 시편의 높이를 읽어 최종값(b)으로 하였다.

Table II. Commercial alginates used for comparison

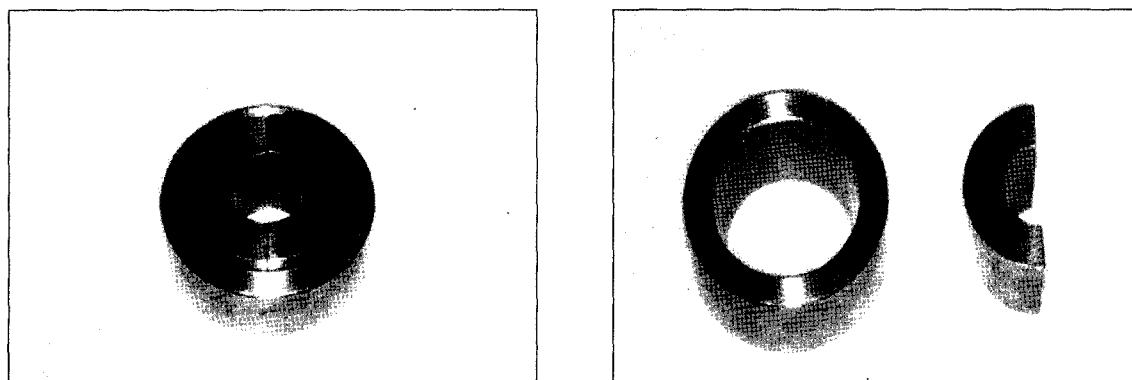
Groups	Product Name	Batch No.	Company
A	Aroma Fine DF III (N)	060881	GC Co., Japan
B	Blueprint Cremix	9709000292	Dentsply DeTrey, England
K	Kromafaze	562046	Cadco Products Inc., USA

Table III. Composition of commercial alginate (by weight percent)

	Aroma Fine DF III (normal set)	Blueprint Cremix	Kromafaze
Sodium Alginate	12	12	10-14
Sodium Phosphate	2	1	<1
Calcium Sulfate	15	12	8-12
Zinc Fluoride	2	4-	<1
기타 첨가물	5	12	1-4
Diatomaceous Earth	64	61	60-70

Table IV. Composition of experimental alginates (by weight percent)

Groups	Sodium Alginate	Sodium Phosphate	Calcium Sulfate	Zinc Fluoride	Diatomaceous Earth
1	8.8	2.2	12.5	2.0	74.5
2	9.7	2.2	12.5	2.0	73.6
3	10.8	2.2	12.5	2.0	72.5
4	12.3	2.2	12.5	2.0	71.0
5	14.1	2.2	12.5	2.0	69.2
6	16.6	2.2	12.5	2.0	66.7
7	18.3	2.2	12.5	2.0	65.0

**Fig. 1.** Splitable metal mold for fabricating experimental alginate.

압축변형율은 다음 공식으로 구하였다.

Ⅲ. 결 과

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

S = Specimen height

다) 탄성회복율의 측정

제작된 시편을 탄성회복율 측정기에 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.

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

S = Specimen height

라) 압축강도의 측정

제작된 시편을 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.

$$\text{Compressive strength (Kg/cm}^2\text{)} = 4F/\pi d^2$$

F = Maximum force
d = Diameter of specimen

1. 압축변형율

시판 알지네이트의 압축변형율은 Table V와 같이, 6.67%, 5.19%, 17.40%로 나타났다.

실험적으로 제조된 알지네이트의 압축변형율은 알긴산소오다의 증량에 따라, 8.62%, 8.49%, 8.69%, 9.33%, 7.41%, 6.57%, 7.16%로 감소되었다. 이와 같은 결과는 Table VI에 요약하였고, Fig. 2에 비교하였다.

알긴산소오다의 증량에 따른 압축변형율의 감소는 Fig. 3과 같이 $y = -0.2221x + 10.914$ 의 관계를 나타내었고, 상관계수는 0.6302였다.

Table VII은 시판 제품들의 압축변형율간의 유의차를 ANOVA로 분석한 결과이며 p-value는 0.0001 이하로 제품간에 차이에는 유의성이 있음이 확인되었다. Table VIII은 실험적으로 제조된 알지네이트의 알긴산소오다의 증량에 따른 압축변형율간의 유의차를 ANOVA로 분석한 결과이며, p-value는 0.0077로서 0.05이하의 값을 보여 알긴산소오다의 함량은 압축변형율에 영향을 미치는 것으로 나타났다.

2. 탄성회복율

시판 알지네이트의 탄성회복율은 각각 95.31%, 92.98%, 98.80%인 것으로 나타났으며, 그 결과는 Table IX와 같다.

Table V. Strain in compression of commercial alginates (by weight percent)

Groups	Product Name	Mean	Standard Coefficient	Deviation of Variance	Duncan's Group
A	Aroma Fine DF III (N)	6.67	1.29	19.3	a
B	Blueprint Cremix	5.19	0.64	12.3	a
K	Kromafaze	17.40	2.89	16.6	b

* Duncan's Group means that there is no statistical differences between groups with same letter.

Table VI. Strain in compression of experimental alginates (by weight percent)

Groups	Sodium alginate concentration	Mean	Standard Deviation	Coefficient of Variance	Duncan's Group
1	8.8	8.62	1.10	12.7	bc
2	9.7	8.49	1.68	19.7	bc
3	10.8	8.69	1.28	14.7	bc
4	12.3	9.33	1.46	15.6	c
5	14.1	7.41	1.15	15.5	ab
6	16.6	6.57	0.89	13.5	a
7	18.3	7.16	1.47	20.5	ab

※ Duncan's Group means that there is no statistical differences between groups with same letter.

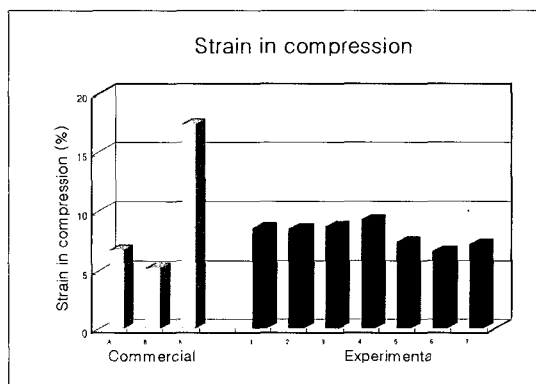


Fig. 2. Comparison of strain in compression between commercial and experimental alginates.

- A : Aroma Fine DF III
- B : Blueprint Cremix
- K : Kromafaze

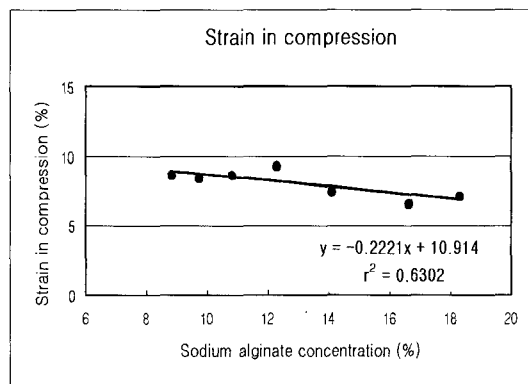


Fig. 3. Relation between sodium alginate concentration and the strain in compression. They exhibited the negative relation with low r2 value(0.6302).

Table VII. Result of ANOVA test for strain in compression of commercial alginates

Source	D.F.	Sum of Squares	Mean Squares	F Ratio	F Prob.
Between Groups	2	621.0057	310.5028	76.1684	.0000
Within Groups	18	73.3776	4.0765		
Total	20	694.3833			

Table VIII. Result of ANOVA test for strain in compression of experimental alginates

Source	D.F.	Sum of Squares	Mean Squares	F Ratio	F Prob.
Between Groups	6	41.6394	6.9399	3.4248	.0077
Within Groups	42	85.1072	2.0264		
Total	48	126.7466			

Table IX. Elastic recovery of commercial alginates (%)

Groups	Product Name	Mean	Standard Deviation	Coefficient of Variance	Duncan's Group
A	Aroma Fine DF III (N)	95.31	1.98	2.0	b
B	Blueprint Cremix	92.98	1.56	1.6	c
K	Kromafaze	98.80	0.44	0.4	a

※Duncan's Group means that there is no statistical differences between groups with same letter.

Table X. Elastic recovery of experimental alginates (%)

Groups	Sodium alginate concentration	Mean	Standard Deviation	Coefficient of Variance	Duncan's Group
1	8.8	99.07	0.44	0.4	a
2	9.7	98.30	2.01	2.0	ab
3	10.8	97.04	1.56	1.6	ab
4	12.3	98.04	1.53	1.5	ab
5	14.1	96.46	2.01	2.0	b
6	16.6	96.39	2.21	2.2	b
7	18.3	96.25	2.34	2.4	b

※Duncan's Group means that there is no statistical differences between groups with same letter.

실험적으로 제조된 알지네이트는 알긴산소오다의 증량에 따라, Table X과 같이 99.07%, 98.30%, 97.04%, 98.04%, 96.46%, 96.39%, 96.25%로 감소되는 경향을 나타내었다. 이와 같은 관계를 Fig. 4에 비교하였다. Fig. 5에서는 알긴산소오다의 증가에 따라 탄성회복율은 감소되는 역상관 관계를 보였으며, 관계식은 $y = -0.2683x + 100.84$ 였고, 상관계수는 0.7449로 나타났다.

Table XI에서는 유의차가 p-value 0.0001이하인 것으로 나타나 제품간에 탄성회복율에 유의한 차이가 있음이 확인되었다. 반면 Table XII는 알긴산소오다에 의한 영향을 분석한 결과로서 p-value가 0.0639로 나타나 알긴산소오다 함량은 탄성회복율에 유의한 영향을 미치지 못하였다.

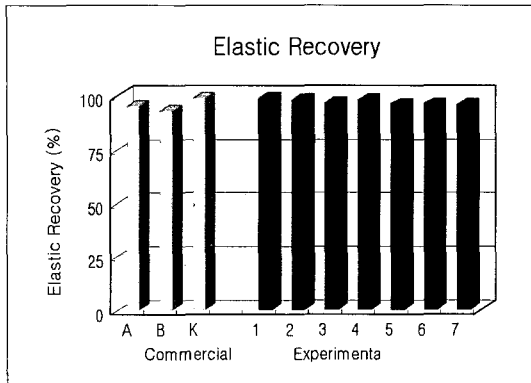


Fig. 4. Comparison of elastic recovery between commercial and experimental alginates.

- A : Aroma Fine DF III
- B : Blueprint Cremix
- K : Kromafaze

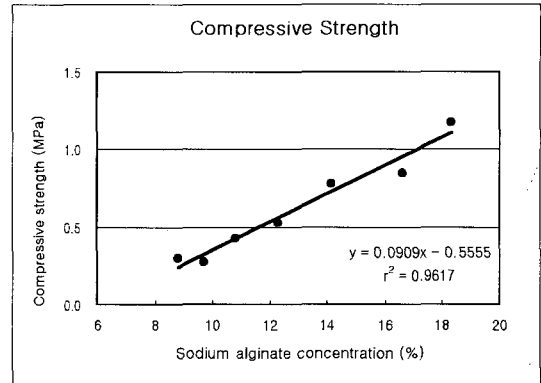


Fig. 5. Relation between sodium alginate contents and the elastic recovery. Their relation was a negative one and its coefficient was 0.7449.

Table XI. Result of ANOVA test for elastic recovery of commercial alginates

Source	D.F.	Sum of Squares	Mean Squares	F Ratio	F Prob.
Between Groups	2	120.0146	60.0073	23.3756	.0000
Within Groups	18	46.2077	2.5671		
Total	20	166.2223			

Table XII. Result of ANOVA test for elastic recovery of experimental alginates

Source	D.F.	Sum of Squares	Mean Squares	F Ratio	F Prob.
Between Groups	6	51.3753	8.5626	2.1815	.0639
Within Groups	42	164.8504	3.9250		
Total	48	216.2257			

Table XIII. Compressive strength of commercial alginates (MPa)

Groups	Product Name	Mean	Standard Deviation	Coefficient of Variance	Duncan's Group
A	Aroma Fine DF III (N)	1.88	0.16	8.5	A
B	Blueprint Cremix	1.89	0.14	7.4	A
K	Kromafaze	0.37	0.04	10.8	B

*Duncan's Group means that there is no statistical differences between groups with same letter.

Table XIV. Compressive strength of experimental alginates (MPa)

Groups	Sodium alginate concentration	Mean	Standard Deviation	Coefficient of Variance	Duncan's Group
1	8.8	0.30	0.02	6.6	f
2	9.7	0.28	0.02	7.1	f
3	10.8	0.43	0.03	6.9	e
4	12.3	0.53	0.03	5.6	d
5	14.1	0.78	0.07	8.9	c
6	16.6	0.85	0.03	3.5	b
7	18.3	1.18	0.08	6.7	a

※Duncan's Group means that there is no statistical differences between groups with same letter.

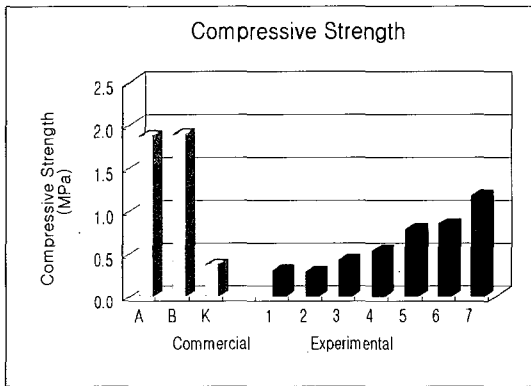


Fig. 6. Comparison of compressive strength between commercial and experimental alginates.

- A : Aroma Fine DF III
- B : Blueprint Cremix
- K : Kromafaze

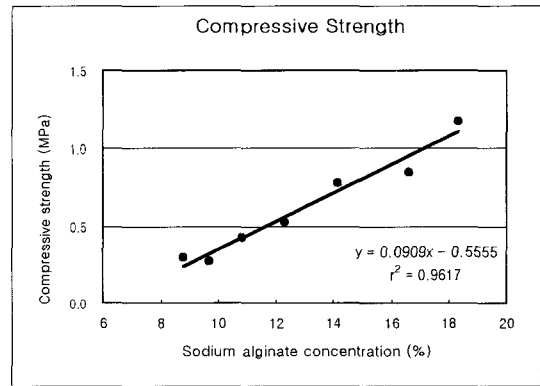


Fig. 7. Relation between sodium alginate contents and the compressive strength. Their relation was a positive one with very high coefficient value ($r^2=0.9617$).

Table XV. Result of ANOVA test for compressive strength of commercial alginates

Source	D.F.	Sum of Squares	Mean Squares	F Ratio	F Prob.
Between Groups	2	10.7222	5.3611	280.2894	.0000
Within Groups	18	.3443	.0191		
Total	20	11.0665			

Table XVI. Result of ANOVA test for compressive strength of experimental alginates

Source	D.F.	Sum of Squares	Mean Squares	F Ratio	F Prob.
Between Groups	6	4.5851	.7642	245.1111	.0000
Within Groups	42	.1309	.0031		
Total	48	4.7160			

3. 압축강도

시판 알지네이트의 압축강도는 Table XIII과 같이 각각 1.88MPa, 1.89MPa, 0.37MPa인 것으로 나타났다.

실험적으로 제조한 알지네이트의 경우, 알긴산소오다의 증가에 따라 압축강도는 0.30MPa, 0.28MPa, 0.43MPa, 0.53MPa, 0.78MPa, 0.85MPa, 1.18MPa의 순으로 증가하는 추세를 나타내었고, 이와 같은 결과는 Table XIV와 같다. Fig. 6은 이와 같은 현상을 비교한 것이며, Fig. 7은 두 요인간의 상관성을 분석한 것으로, 알긴산소오다의 증량에 의해 알지네이트의 압축강도가 $y=0.0909x-0.5555$ 의 관계로 증가되며, 이것의 상관계수는 0.9617로서 매우 높게 나타났다.

Table XV와 Table XVI의 ANOVA 분석결과에서도 시판제품과 실험제품 모두 0.0001이하의 높은 유의수준을 보여, 알긴산소오다의 함량은 압축강도에 영향을 주는 것으로 나타났다.

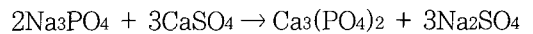
IV. 고찰

19세기 말 스코틀랜드의 한 화학자가 한종류의 갈색 해조류에서 점액성 물질이 분비되는 것을 보고 "algin"으로 명명한 이래 알긴은 다양한 목적으로 사용되어 왔다. 약 40년 후 영국의 화학자 S. William Wilding¹³⁾은 알긴을 치과용 인상재로 사용하는 기틀을 마련했으며 제2차 세계 대전으로 일본으로부터의 아가의 수입이 어려워지자 현재의 알지네이트의 발달이 시작되었다.

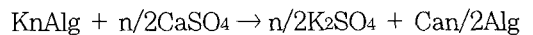
알지네이트는 주로 분말의 형태로 공급되며 수분과 혼합되면 알긴산 분자내의 카르복실기와 칼슘 공급원(주로 황산 칼슘)으로부터의 칼슘과 반응하여

가교체를 형성하여 경화된다. 작업시간을 얻기 위하여 반응 지연제를 첨가한다.

즉 적절한 양의 황산 칼슘, 알긴산 포타슘, 제3인산 소오다가 함께 물과 혼합되면 우선적으로 다음 반응이 일어나게 된다.



제3인산 소오다가 모두 고갈되면 칼슘 이온은 알긴산 포타슘과 반응하여 다음 반응식을 거쳐 알긴산 칼슘을 형성한다.



알지네이트 겔의 섬유조직은 가열성 수교인상재의 분자간 힘의 결합이 아닌 일차 결합으로 유지된다. 알긴산이 수용성 염으로 변화하면(예를 들어 알긴산 소오다) 양이온이 카르복실기와 결합하여 에스테르 혹은 염을 형성한다. 알긴산 소오다가 칼슘염과 반응하여 불용성 염이 형성되면 칼슘 이온은 인접한 두 분자의 포타슘 이온을 대체하고 수용성의 분자 복합체 혹은 중합망을 형성한다. 개개의 알긴산 소오다는 망구 조를 형성하며 더 큰 분자로 성장한다. 이 과정은 중합과정으로 간주될 수 있다. 가교체 사이에는 물분자가 위치하기 때문에 알지네이트 인상재는 아가 인상재와 마찬가지로 syneresis 및 imbibition을 일으킨다.¹⁴⁾

알지네이트의 각 성분이 인상재의 특성에 미치는 영향에 대한 1966년 Buchan 등¹⁵⁾의 실험에 의하면 성 분비의 변화 및 성분의 차이에 의해 취급성과 물성이 심하게 영향을 받으며 알긴산의 증량은 탄성의 증가와 영구 변형량의 증가를 나타내었고 제2인산 소오다의 증량은 경화시간의 증가, 탄성 및 경도의

감소를 나타내었고 탄성 및 크기 안정성은 불화 규산 소오다와 규산납이 기여한다고 하였다.

압축 변형율의 경우 미국 치과의사 협회의 규격은 5~20% 이내이다.³⁾ 시판되는 알지네이트의 경우 모두 이 범위 내에 있었으며 특히 Kromafaze의 경우 가장 높은 17.4%를 나타내었다. 실험용 알지네이트의 경우 알긴산 소오다의 함량이 증가할수록 압축 변형율은 8.62~7.16%로 감소하였으며 이는 Buchan 등¹⁵⁾의 실험과 이 등⁹⁾의 실험에서도 이미 밝혀진 바 있다. 본 실험 방법에 의하면 알긴산 소오다의 함량이 증가하는 것과 동시에 구조토의 함량을 감소시켰으므로 구조토의 함량이 감소할수록 압축 변형율은 감소하였다는 해석도 가능하리라 여겨진다.

알지네이트의 탄성에 가장 큰 영향을 주는 성분은 알긴산과 구조토의 양 및 형태이다. 본 실험에서도 알긴산의 함량이 증가할수록 탄성 회복율은 99.07~96.25%로 감소하였으나 통계학적 유의성은 없었다. 본 실험에서는 알긴산의 함량 변화에 반비례하여 필러로 사용된 구조토의 함량을 변화시켰기 때문에 구조토(필러)의 함량이 감소할수록 탄성 회복율 역시 감소한다고 할 수 있다. 실험에 사용된 상업용 알지네이트의 경우 탄성 회복율은 Blueprint Cremix가 92.98%로 가장 낮았고 Kromafaze가 98.90%로 가장 높았다. 알지네이트의 탄성 회복율은 석고 모형의 정확도에 영향을 준다.⁹⁾ 미국 치과의사협회의 규격에 의하면 최소 75 μ m의 미세 재현성(C

형 : 연구 모형 및 개인용 트레이 제작용 인상)을 요구하고 있다.³⁾ Owen 등¹⁶⁾은 20 μ m깊이의 홈이 파인 시험용 블록을 알지네이트로 인상 채득한 결과 이를 기록할 수 없었다고 보고하였으며 Morrow 등¹⁷⁾은 미국 치과의사 협회의 미세 재현성의 실험 방법인 홈의 재현성에 대해 방법의 보완을 요구하기도 하였다. Eriksson 등¹⁸⁾은 알지네이트의 표면을 황산 포타슘, 물, 알지네이트 안정제로 각각 처리한 후 석고를 주입한 실험에서 황산 포타슘과 물, 그리고 건조시킨 후 석고를 주입한 경우 미세 재현성에는 차이가 없었으며 알지네이트 안정제로 처리한 경우는 우수한 결과를 나타냈다고 보고하였다.

Shigeto¹⁹⁾와 Inoue 등²⁰⁾은 알지네이트 인상재의 점탄성적 특성에 대해 연구하였고 작업시간 동안 탄성 계수가 낮음을 보고하였으며 경화는 탄성계수가 감소에서 증가하는 변곡점부터라고 하였다. 따라서 최적의 탄성 회복율을 갖도록 하는 필러의 함량 및 형태에 대한 심도 깊은 연구가 필요하리라 사료된다.

압축 강도의 경우 미국 치과의사 협회는 최소 0.30 MPa로 규정하고 있다. 실험에 사용된 상업용 알지네이트의 경우 Kromafaze가 0.37MPa로 가장 낮기는 하였지만 모든 제품이 규정을 만족하였다. 실험적 알지네이트의 경우 알긴산 소오다의 함량이 증가할수록 0.28~1.18 MPa로 압축강도가 증가하였다. 이는 알긴산 소오다가 알지네이트 인상재의 압축강도에 큰 영향을 미침을 시사한다고 할 수 있다.



Fig. 8. Cylinder shaped diatomaceous earth observed in Kromafaze commercial alginate impression material ($\times 1500$).

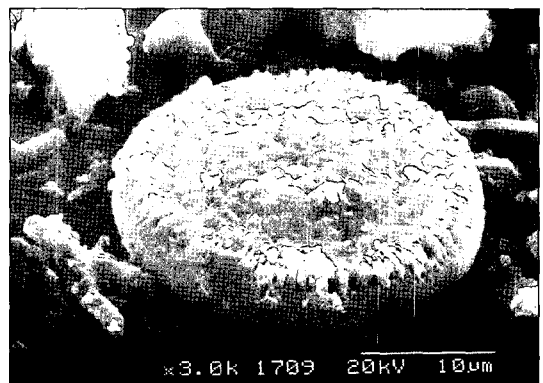


Fig. 9. Plate shaped diatomaceous earth observed in Aroma Fine DF III commercial alginate impression material ($\times 3000$).

칼슘 알지네이트의 경화를 점도, 칼슘이온 활성화도, 탄성계수 검사 등으로 조사한 Cook²¹⁾의 보고에 의하면 경화 시간은 제3인산 나트륨의 농도에 의해 좌우되며 영구경화와 찢김 에너지는 필러의 모양에 영향을 받는다고 하였다. 본 실험에서는 필러의 모양이 둥근 원판형에 가까운 Aroma Fine DF III가 높은 압축강도를 보였다. Fig. 8과 Fig. 9의 입자는 시판제품에 사용되는 구조도의 형태를 비교한 것으로, 실험에 사용된 상업용 알지네이트의 경우 Aroma Fine DF III의 필러는 원판형에 가까웠으며 Kromafaze의 경우에는 원통형이었다. 이것으로 미루어 보아 필러의 형태가 두 제품의 물리적 성질 중 압축강도의 차이를 나타냈다고 사료된다.

또한 이 등⁹⁾에 의하면 경화지연제의 양이 알지네이트 압축강도에 심하게 영향을 주는 것으로 나타났다. 따라서 본 실험에서는 경화지연제의 양을 고정하여 이로 인한 실험성적에의 영향을 배제하였다.

알지네이트의 중요한 구성 성분 중 하나인 황산 칼슘의 경우 알긴산과 반응하여 칼슘 알지네이트를 형성하지만 경화된 알지네이트 표면에 존재하는 삼출물은 대부분 황산 소오다로 황산 칼슘의 이수화물이 석고 표면 80 μ m까지 확산되어 석고의 표면 강도를 감소시킨다.²²⁾ 따라서 석고 내에 포함된 포타슘 염만으로 이것을 보상하기에는 부족하다는 결론을 내렸다. 따라서, Jarvis 등²³⁾은 칼슘의 공급원을 황산 칼슘이 아닌 다른 물질을 사용하는 것이 석고의 표면을 개선시키는 방법이 될 수 있다고 하였다. 즉 이러한 알지네이트의 미세 재현성의 부족 때문에 아가 인상재와의 병용에 대한 연구가 시행되었다.²⁴⁻²⁷⁾

석고 표면의 개선을 위해 첨가되는 경화 촉진제로 본 실험에서는 불화 아연을 사용하였다. Whitford 등²⁸⁾은 알지네이트에 첨가된 불소의 인체내 흡수에 대한 연구에서 통상적인 인상 채득 후 혈장 내 불소량은 2.6배, 소변내 불소량은 2.9배, 그리고 타액내 불소량은 100배 증가함을 보고하였고 Hattab 등²⁹⁾은 알지네이트를 5분간 적용시 법랑질의 7 μ m까지 불소가 침투함을 보고하였으나 이것은 법랑질의 산저항과는 무관하다고 하였다.³⁰⁾

알지네이트의 경화시간을 가장 잘 조절할 수 있는 방법은 사용하는 물의 온도를 조절하는 것이다. Fung 등³¹⁾은 수온이 증가할수록 경화시간이 짧았다고 하였고, 임상적으로 적은 양의 알지네이트를 혼

합할 경우는 혼합 기구를 냉각한 후 사용하기를 권장하였다. 미국치과의사협회 규격 18호에는 급경화형 알지네이트는 혼 합시간 30~45초, 작업시간 최소 75초, 경화시간은 60~120초로 규정하였고, 정상경화형인 경우 작업 시간은 120초 이내, 경화 시간은 120초 이상 180초 이내로 규정하였다³²⁾. 그러나, Ellis 등³²⁾은 점착성의 소실로 측정되는 경화시간은 임상적으로 의미가 없다고 하고 강철구를 떨어뜨려 튀어 올라오는 높이로 경화시간을 측정하는 방법을 소개하였고 결과에 의하면 임상적 경화시간은 실험적 경화시간의 두 배 가량 된다고 하였다.

알지네이트는 대부분 분말의 형태로 공급된다. 따라서 알지네이트 분진에 의한 전신적 영향에 대한 연구들이 시행되었다. Brune 등³³⁾은 알지네이트에 첨가되는 미세 물질 중 납과 실리케이트 분진에 대한 연구를 시행하였고 Hattab³⁴⁾는 분진 내의 불소 흡입에 대한 연구에서 통상적인 임상적 상황에서는 문제가 없으나 사고로 다량 흡입했을 경우에는 혈장내 불소량이 증가됨을 보고한 바 있다. de Freitas³⁵⁾는 특히 납을 함유한 알지네이트는 분진 형태로 흡입했을 경우 건강에 해를 줄 수 있다고 하였으며 Loewen 등³⁶⁾은 진폐증이 발병한 치과 의사에게서 알지네이트 성분을 검출하였다고 보고하였다. 때문에 최근에는 입자의 비중을 높이고 용해 촉진제를 첨가하여 분진 발생량을 줄인 인상 재가 소개되었고 박 등³⁷⁾이 이러한 무분진형 알지네이트 인상재의 결합 강도 및 찢김 강도에 관하여 연구하였고 김 등³⁸⁾은 무분진형 알지네이트 인상재의 영구 변형에 관하여 보고한 바 있다.

구강내 조직의 인상 채득 중 환자로부터의 이차 감염에 대한 우려가 높아지고 있다. 때문에 인상체를 소독하는 방법과 소독 후의 물리적 성질의 변화에 대한 연구가 활발히 시행되고 있다. 여기에는 인상재 표면에 대한 도포식 소독과 침전식 소독의 차이, 그리고 알지네이트내에 함유된 물질을 첨가하여 효능 및 물성의 변화 등을 연구하는 것 등이 포함되어 있다.

Rueggeberg 등³⁹⁾은 침전 소독은 알지네이트의 수분 흡수를 야기하며 이로 인한 체적 변화가 심하기 때문에 도포식 소독이 유리하다고 하였으며, Tan 등³⁹⁾은 소독 처리 시간이 석고 표면의 미세 재현성에 중요한 변수라고 하였다. Stoll 등⁴⁰⁾은 알지네이트를 glutaraldehyde 용액에 침전 소독시 10분 이내에서

는 체적 변화가 없었다고 하였고, Bergman 등⁴¹⁾은 도포식 소독인 경우 1시간 이내에서는 변화가 없었다고 보고 하였고 Peutzfeldt 등⁴²⁾은 침전 소독 역시 1시간 이내 에서는 변화가 없었다고 하였다.

Rice⁴³⁾와 Oehring 등⁴⁴⁾은 항균제를 포함한 알지네이트의 멸균 효과가 우수함을 보고하였다. 그러나 Tyler 등⁴⁵⁾은 소독제가 첨가된 알지네이트 인상재는 바이러 스에는 효과가 없었다고 보고하였다. 따라서 바이러스까지 사멸시킬 수 있는 방법에 대한 연구가 필요하리라 사료된다.

알지네이트인상재의 주요성분인 알긴산소오다를 증량하면, 통계적으로 유의하게 압축강도가 높아지며($p < 0.0001$), 이와 아울러 압축변형율이 작아지지만($p = 0.0639$), 탄성회복율이 동시에 감소되는 것으로 나타났다($p = 0.0077$).

탄성회복율이 감소되는 것은 역으로 영구변형량이 커지는 것을 의미하므로, 임상적으로는 알긴산소오다의 증량에 의해 알지네이트 인상재는 질겨지지만 영구 변형량이 많아질 수 있음을 의미한다.

본 실험에서는 알긴산 소오다를 증량함과 동시에 규조토의 함량을 감소시켰다. 그러므로 알긴산소오다의 증량에 의해 탄성회복이 감소된다는 것은 규조토의 증량에 의해 탄성회복이 증가됨을 의미하며, 알지네이트의 탄성에는 규조토 역시 중요한 역할을 한다는 것을 알 수 있었다. 그러므로 알긴산 소오다 이외의 성분 변화에 따른 알지네이트 인상재의 물성의 변화에 대한 추가적인 연구가 필요할 것으로 사료된다.

V. 결 론

이 연구의 목적은 알지네이트의 성분중 알긴산소오다의 함량을 증가하는 것이 알지네이트의 기계적 성질에 어떻게 영향을 미치는가를 구명하는 것이었다.

실험값의 비교를 위해서 시판상품 알지네이트를 3종류 선택하여 비교 실험하였으며, 실험적으로 알긴산소오다의 함량을 8.8%, 9.7%, 10.8%, 12.3%, 14.1%, 16.6%, 18.3%로 증가한 실험적 알지네이트 7종의 시편을 각 10개씩 제작하여 실험에 사용하였다. 알긴산 소오다의 증량에 따라 규조토 함량을 감소시켰으며, 황산칼슘과 인산소오다 그리고 불화아연의 함량은 각각 2.2%, 12.5%, 2.0%로 통일하였다. 직경 12.5mm 높이 20.0mm의 분할몰드에 혼합

된 알지네이트 인상재를 주입하여 경화시켜 원기둥 형태의 시편을 제작하였으며, ISO 1563 알지네이트 인상재 규격중 압축변형율, 탄성회복율, 압축강도를 측정하여 다음의 결과를 얻었다.

1. 알긴산소오다의 증량에 따라 압축변형율은 감소하였다($p = 0.0077$, $r^2 = 0.6302$).
2. 알긴산소오다의 증량에 따라 탄성회복율은 감소하였으나 통계학적인 유의성은 없었다($p = 0.0639$, $r^2 = 0.7449$).
3. 알긴산소오다의 증량에 따라 압축강도는 증가하였다($p < 0.0001$, $r^2 = 0.9617$).

이상의 결과는 알긴산소오다의 증량에 의해 알지네이트는 강해지지만 영구변형이 증가될수 있다는 것을 의미한다.

참고문헌

1. Craig et al. Dental materials : properties and manipulation : 7rd Edi., Mosby Co., 1999.
2. Internation standard : Alginate dental impression material, ISO, 1-563, 1978.
3. Council on Dental Materials and Devices : Council adopts American Dental Association pecification No.18 (Alginate impression material), J Am Dent Assoc 1968:77:1354-1358.
4. 대한치과기재규격집, 제8편 치과용 알지네이트 인상재, 대한치과외사협회, 1984.
5. Koski RE : Comparative study og selected alginate materials and devices. J Am Dent Assoc 1977:94:713-716.
6. Suchak A, Fan PL, Stanford JW, and Rhodes C : Evaluation of an alginate substitute using specification requirements. J Am Dent Assoc 1984:108:210-211.
7. Kim C W , Heo J H :Specification and Safety Evaluation for Domestic Production of Dental Alginate Impression Materials, The Korea Research Society fir Dental Materials.1990:17:19-46.
8. Kim KN , Kim KM , Pae HK : A Comp-

- arative Studies on Permanent Deformations of Alginate Impression Materials, The Korea Research Society fir Dental Materials.1986:13:7-15.
9. Lee D H , Park N S , Lim H N, Choi D G :A Study on the Effect of Calcium Sulfate and Sodium Phosphate on the Properties of the Experimental Alginate Impression Material , KYUNG HEE DENTAL JOURNAL. 1997:vol.19-2:419-432.
 10. Caputo AA, Collard EW and Standlee JP:Stress exhibited in a hydrocolloid under load, J Dent Res 1972:51:953.
 11. Phillips RW : Physical properties and manipulation of reversible and irreversible hydrocolloid, J Am Dent Assoc 1955:51:566.
 12. Wilson HJ, and Smith DC : Alginate impression materials, Br Dent J 1963:114:20.
 13. Wilding SW : Material for taking impression for dental or other purpose. US Patent No. 2,249,694, 1941.
 14. Heath JR, and Basker RM : The dimensional variability of duplicate dentures produced in an alginate investment, Br Dent J 1978:144:111-113.
 15. Buchan SB, and Peggie RW : Role of ingredients in alginate impression compounds, J Dent Res 1966:45:1120-1129.
 16. Owen P : An investigation into the compatibility of some irreversible hydrocolloid impression materials and dental gypsum products. Part I. Capacity to record grooves on the international standard die. J Oral Rehabil 1986:13:93-103.
 17. Morrow RH et al : Compatibility of alginate impression materials and dental stone, J Prosthet Dent 1971.
 18. Eriksson A, Ockert Eriksson G, Lockowandt P, and Lind LA : Irreversible hydrocolloids for crown and bridge impressions : Effect of different treatments on compatibility of irreversible hydrocolloid impression material with type IV gypsums. Dent Mater 1996:12:2, 74-82.
 19. Shigeto N, Yamada Y, Iwanaga H, Subianto A, Hamada T : Setting properties of alginate impression materials in dynamis viscoelasticity. J Oral Rehabil 1997:24,761-765.
 20. Inoue K, Kakigawa H, Matsushita S, Yamada S, and Hayashi I : Fundamental studies of elastic impression materials (part IV). Viscoelastic properties from start of mix for alginate impression materials. Shika Rikogaku Zasshi, 1978:19:48-52.
 21. Cook W : Alginate dental impression materials : chemistry, structure, and properties. J Biomed Mater Res 1986:20:1-24.
 22. Craig RG : Restorative dental material, 8th Edi., Mosby Co., 1996.
 23. Jarvis RG, and Earnshaw R : The effect of alginate impressions on the surface of cast gypsum. Part II. The role of sodium phosphate in incompatibility, Aust Dent J., 1981:26:12-17.
 24. Hashimoto K, Nomata H, Ohta T, Masaki H, and Habu H : Improved method for combined agar/alginate hydrocolloid impression. Bond strength of combination agargel/alginate. Shika. Zairyō. Kikai., 1989:8:4, 525-532.
 25. 하주태, 이정만, 최부병 : 알지네이트와 아가에 의한 연합 인상법의 촌법 정도에 관한 임상적 연구, 대한치과의사학회지 1979:17:701-708.
 26. Johnson GH, and Craig RG : Accuracy and bond strength of combination agar/alginate hydrocolloid impression materials. J Prosthet Dent 1986:55:1-6.
 27. Wada K : Studies on dimensional accuracy of working casts made by various impression techniques - influence of undercut on dimensional accuracy. Kokubyo Gakkai Zasshi. 1992:59:518-549.
 28. Whitford GM, Ekstrand J : Systemic ab-

- sortion of fluoride from alginate impression material in humans. *J Dent Res* 1980; 59:782-50.
29. Hattab F, Frostell G : The release of fluoride from two products of alginate impression materials, *Acta Odontol Scand* 1980;38:385-395.
 30. Hattab F : Effect of fluoride - contacting alginates and gels on the acid resistance of demineralized human enamel. *Acta Odontol Scand* 1984;42:175-181.
 31. Fung DTH, and Osborne J : The setting characteristics of alginate impression materials in relation the temperature change, *Aust Dent J* 1972;7:33-36.
 32. Ellis B, and Lamb DJ : The setting characteristics of alginate impression materials, *Br Dent J* 1982;151:343-346.
 33. Brune D, and Beltesbrekke H : Levels of airborne particles resulting from handling alginate impression material. *Scand J Dent Res* 1978;86:206-210.
 34. Hattab F : Absortion of fluoride following inhalation and ingestion of alginate impression materials. *Pharmacol Ther Dent* 1981;6:79-86.
 35. de Freitas JF: Potensial toxicants in alginate powders. *Aust Dent J* 1980;25:224-228.
 36. Loewen GM, Weiner D, and McMahan J Pneumoniosis in an elderly dentist. *Chest* 1988;93:1312-1313.
 37. Park K J , Lee S Y , Kim K N : A Study of Bond Strength and Tear Strength for Agar and Dustless Alginate Impression Materials, *YONSEI DENTAL JOURNAL* 1991;6:1-6.
 38. Rueggeberg FA, Beall FE, Kelly MT, and Schuster GS : Sodium hypochlorite disinfection of irreversible hydrocolloid impression. *J Prosthet Dent* 1992;67:628-631.
 39. Tan HK, Wolfaardt JF, Hooper PM, and Busby B : Effects of disinfecting irreversible hydrocolloid impressions on the resultant gypsum casts : Part I - Surface quality. *J Prosthet Dent* 1993;69:250-257.
 40. Stoll R, Segschneider F, Stachniss V, and Jorgensen R : The dimensional stability of hydrophilic impression materials after application of a disinfectant. *Dtsch Zahnarztl Z* 1991;46:718-721.
 41. Bergman B, Bergman M, and Olsson S : Alginate impression materials. Dimensional stability and surface detail sharpness following treatment with disinfectant solutions. *Swed Dent J* 1985;9:255-262.
 42. Peutzfeldt A, and Asmussen E : Effect of disinfecting solutions on surface texture of alginate and elastomeric impressions. *Scand J Dent Res* 1990;98:74-81.
 43. Rice CD, and Dykstra MA : Microbial contamination in two antimicrobial and four control brands of alginate impression material. *J Prosthet Dent* 1992;67:535-540.
 44. Oehring H, Welker D, Wolf D, Walther D, Musil R, and Straube E : Microbiological studies of self-disinfecting alginate impression materials. *Dtsch Zahn Mund Kieferheilkd Zentralbl* 1992;80:165-170.
 45. Tyler R, Tobias RS, Ayliffe GA, and Browne RM : An in vitro study of the anti-viral properties of an alginate impression material impregnated with disinfectant. *J Dent* 1989;17:137-139.

Reprint request to:

Boo-Byung Choi, D.M.D., D.D.Sc.

Department of Prosthodontics, Division of Dentistry, Graduate School, Kyung Hee University #1, Hoigi-Dong, Dongdaimun-Gu, Seoul, 130-701, Korea

ABSTRACT

**INFLUENCE OF SODIUM ALGINATE CONTENTS ON
THE STRAIN IN COMPRESSION, ELASTIC RECOVERY,
AND COMPRESSIVE STRENGTH OF EXPERIMENTAL
ALGINATE IMPRESSION MATERIALS**

Yong-Sik Lee, D.D.S., M.S.D., Boo-Byung Choi, D.M.D., D.D.Sc.,
Sung-Bok Lee, D.M.D., M.S.D., Ph.D.

*Department of Prosthodontics, Division of Dentistry, Graduate School,
Kyunghee University, Seoul, Korea*

The purpose of this study was to search the influences of the increase of the contents of sodium alginate in the experimental alginates on the some mechanical properties.

3 commercial alginates were selected for the purpose of comparison of the results of experiments. 7 experimental alginates were manufactured with the rise of contents of sodium alginate from 8.8% to 18.3% with the decrease of contents of diatomaceous earth and with the constant contents of calcium sulfate 12.5%, sodium phosphate 2.2%, zinc fluoride 2.0%. Splitable metal mold with 12.5mm diameter and 20.0mm height was filled with mixed alginate to prepare the cylinder shaped specimens. Strain in compression, elastic recovery, compressive strength were tested using the ISO specification number 1563, alginate impression material. Experimental groups were 7, and 10 specimens were used for each test items and each groups.

Following results were obtained:

1. Strain in compression was decreased with the increase of sodium alginate contents ($p=0.0077$, $r^2=0.6302$).
2. Elastic recovery was decreased with the increase of sodium alginate contents but was not significant ($p=0.0639$, $r^2=0.7449$).
3. Compressive strength was increased with the increase of sodium alginate contents ($p<0.0001$, $r^2=0.9617$).

These results mean that the increase of sodium alginate contents make alginate harder but may result the increased permanent deformation.

Key words : Sodium Alginate, Strain, Compression, Elastic recovery, Impression