

실리콘 고무인상재 개발을 위한 기초연구

오 영 일 · 한 경 아 · 정 경 호[†] · 김 경 남* · 조 리 라**
수원대학교 공과대학 고분자공학과, *연세대학교 치과대학 보철학교실, **강릉대학교 치과대학
(2000년 2월 28일 접수)

Fundamental Study for Developing Silicone Rubber Impression Material

Young-il Oh, Kyung-A Han, Kyung-Ho Chung[†], Kyung-Nam Kim*, Lee-Ra Cho**

Dept. of Polymer Engineering, The University of Suwon, Suwon, Korea

**Dept. of Prosthodontics, College of Dentistry, Yonsei University, Seoul, Korea*

***Dept. of Dental Technician, Kangnung National University Dental Hospital, Kangnung, Korea*

(Received February 28, 2000)

요 약 : 본 연구에서는 기존 외국제품들과의 물성 비교를 통해 부가중합형 실리콘 인상재를 개발하기 위한 기초연구를 수행하였다. IR과 EDX를 이용한 인상재들의 화학적 분석, DSC와 TGA를 이용한 열적거동 분석, 접촉각, 점도, 가교특성 및 기계적특성 등의 분석을 수행하여 본 연구에서 개발된 제품의 고무인상재로의 응용 가능성을 평가하였다. 기초연구 결과에 따르면 인상재에 요구되는 모든 물성을 만족하는 제품은 없었지만, 본 연구에서 개발된 인상재의 경우 인장물성 및 가교밀도 특성이 상대적으로 우수하여 인상 채득시 요구되는 기계적 특성에는 가장 잘 부합하였다. 그러나 향후 친수성 계면활성제 도입을 통한 젖음성 향상, 온도와 경화시간과의 상관관계 확립, 정확한 체적변화 및 인열강도 개선 등의 추가적인 물성 향상이 필요한 것으로 판단되었다.

ABSTRACT : The fundamental study of additional silicone impression material has been performed by comparing the other import products. In order to estimate the possibility of usage of the impression material developed in this study, the several techniques such as IR, EDX, DSC, TGA, rubber rheometer, and contact angle measurement were used. According to the results, there were not any product satisfying all properties required in the impression material. The impression material developed in this study showed best mechanical properties among the all impression materials. However, the wetting property should be studied more by an introduction of a hydrophilic surfactant or modification of a base polymer.

Keywords : additional silicone impression material, wettability, surfactant, mechanical property.

I. 서 론

치과용 고무인상재는 치과 보철치료 과정에

서 없어서는 안될 중요한 재료로서 구강내 상태를 복제하여 음형인기를 얻는 재료이다.¹⁻² 그 중 부가중합형 실리콘 고무인상재는 1950년대 치과계에 처음 소개되었으나 반응 부산물로

[†] 대표저자(e-mail : khchung@mail.suwon.ac.kr)

수소기체를 방출하고 석고 주입시 표면에 과도한 기포를 발생시켜 사용되지 못했다. 그러나 1960년대에 개발된 부가중합형 실리콘 고무 인상재는 부산물을 생성하지 않고, 우수한 탄성회복율, 높은 인열강도, 낮은 크리프 특성 및 치수안정성 등이 우수하여 다른 인상재에 비해 수요가 급격히 증가되었다.³⁻⁵ 반면, 탄력성이 떨어지고, 저장기간과 작업시간(working time)이 짧으며, 가격이 비싸고, 라텍스 장갑과 접촉시 라텍스 내 황화합물에 의한 백금 촉매제 오염의 결과로 경화시간(setting time)이 지연되고, 젖음성(wettability)이 좋지 않아 석고 주입시 기포를 발생시키는 문제점 등을 지니고 있기도 하다.⁶ 그러나 최근에 자동혼합형(auto-mixed system) 실리콘 인상재가 개발되어 기존의 재래식 수동혼합형(hand-mixed system) 인상재보다 혼합시 공기의 유입이 적어 기포 발생률이 낮은 석고 모형 제작이 가능하게 되었다. 또한 자동혼합형이란 일반적으로 점도가 낮은 인상재이며 (light body 형), 이것은 base와 catalyst로 구분되어 주사기를 통해 자동으로 혼합되므로 균일한 혼합과 재료의 손실이 적은 장점을 지니고 있다.⁷

인상재는 사용목적에 따라 하이드로콜로이드 인상재와 고무인상재로 구분할 수 있고, 하이드로콜로이드 인상재는 다시 아가(agar)와 알지네이트(alginate) 인상재로, 고무인상재는 polysulfide, polyether, condensational silicone 및 additional silicone으로 구분할 수 있다.⁸ 이중 고무인상재는 pseudoplastic 또는 shear thinning과 같은 비뉴턴 거동을 나타내는 전형적인 재료이다. 즉, 재료 혼합 또는 인상재 적용장치로부터 빠져 나올 때 인상재는 전단응력을 받게 되는데, 이때 전단응력이 높으면 점도가 낮아져 흐름성이 좋아짐으로써 미세 부위까지 잘 흘러 들어가 정밀한 인상채득이 용이해진다. 점도는 재료, 온도, 혼합 후 시간, 혼합속도 등에 따라 영향을 받게 된다. 자동혼합기에 사용

하는 부가중합형 실리콘 인상재는 base 물질과 catalyst 물질간의 점도가 유사하여 자동혼합이 용이하도록 제조하는 것이 일반적이다. 또한 이 재료는 위와 같은 특성들로부터 light body 형태로 많이 이용된다.⁹⁻¹⁰

본 연구에서는 현재 국내에서 사용되고 있는 3종의 외국 제품들의 수입대체를 위해 부가중합형 실리콘 고무인상재를 개발하는데 초점을 두었다. 인상재의 물리 화학적 분석을 통해 기존의 인상재들과 특성을 비교 검토 하였으며, 이러한 기초 연구의 결과를 토대로 기본적인 조성을 결정하였고, 향후 치과용 인상재료의 응용 가능성을 알아보았다.

II. 실험

1. 실험 재료

본 연구에서 제조된 인상재(H)는 기초연구를 통해 기본 조성이 결정되었으며 그 정확한 조성은 인상재 제조의 노하우이기 때문에 본 논문에는 자세히 표기하지 않았다. 본 연구에서 사용된 인상재의 구성 요소들과 그들의 기본적인 물성을 Table 1에 나타내었다. 사용된 실리콘 고분자는 polydimethylsiloxane을 토대로 한 Silopren™ U의 5가지(P300, H6, U65, U1, U0.2) 종류였다. Table 1에 나타난 요소들을 사용하여 인상재의 매트릭스가 되는 base와 혼합 후 경화 반응을 개시시키는 catalyst로 이루어진 전형적인 2액형 시스템을 구성하였다. Table 2에는 본 연구에서 비교 검토될 현재 치과계에서 보편적으로 사용되고 있는 부가중합형 polyvinylsiloxane 인상재 3종류를 나타내었다.

2. 실험 방법

2.1 화학적 분석

각 인상재 제품들이 어떠한 유기화합물들로 구성되어 있는지 확인하기 위해 IR (Perkin

Table 1. Components of Impression Material Used in This Study

Class. \ Descr.	Color	Viscosity (Pa · s)	Density (g/cm ³)	Vinyl content (mmol/g)	SiH content (mmol/g)	Platinum content (wt. %)	Company
P300	clear	300	1.10	0.06	-	-	Bayer
H6	slight yellow	6	1.02	0.22	-	-	Bayer
U65	colorless	65	0.97	0.03	-	-	Bayer
U1	colorless	1	0.97	0.13	-	-	Bayer
U0.2	colorless	0.2	0.97	0.3	-	-	Bayer
Crosslink agent(U230)	clear	0.23	0.97	-	2.3	-	Bayer
Pt 촉매	yellowish	0.8	1	0.5	-	1	Bayer
Surfactant (CO-430)	clear	-	-	-	-	-	Bayer
SiO ₂	white	-	-	-	-	-	Han All
Al ₂ O ₃	white	-	-	-	-	-	Sumitomo
규조토	white	-	-	-	-	-	-

Table 2. Types of Polyvinylsiloxane Impression Materials

Trade Name	Express	Examix	Extrude
Code	EP	EM	ET
Type	light body	light body	light body
Company	3M Co. USA	GC Co. Japan	Kerr Co. USA

Elmer, U.S.A.)로 조사하였고, 가교반응이 일어난 후 열적특성은 TGA (STA 409, Netzsch, U.S.A.)를 이용해 0 °C에서부터 1분당 10 °C씩 40분 동안 400 °C까지 온도를 상승시키면서 온도에 따른 물질들의 분해 거동을 관찰하였다. 유리전이온도의 측정은 DSC(DSC-910, DuPont, U.S.A.)를 이용해 -100 °C에서부터 1분당 10 °C씩 20분간 100 °C까지 온도를 상승시켜 행하였다. 또한 인상재를 구성하는 원소의 정량적 분석은 EDX(Stereoscan 440, Link ISIS)를 이용하

여 수행하였다.

2.2 표면에너지

인상재와 치아의 젖음성은 인상재를 이용하여 치아의 정확한 인상을 채득하기 위해 매우 중요한 요소이다. 따라서, 이러한 젖음성을 평가하기 위해 유압프레스를 이용하여 인상재를 상온에서 5분간 경화시킨 시편 위에 methylene iodide와 증류수를 상온에서 떨어뜨려 접촉각을 측정된 후, 표면에너지를 geometric-mean method 방정식인 식(1)을 이용해 인상재의 확산에너지(γ_s^d)와 극성에너지(γ_s^p)를 계산하였다. 인상재의 표면에너지는 이들의 합으로 나타내었다.

$$(1 + \cos\theta_1)\gamma_1 = 2[(\gamma_1^d \cdot \gamma_s^d)^{0.5} + (\gamma_1^p \cdot \gamma_s^p)^{0.5}]$$

$$(1 + \cos\theta_2)\gamma_2 = 2[(\gamma_2^d \cdot \gamma_s^d)^{0.5} + (\gamma_2^p \cdot \gamma_s^p)^{0.5}] \quad (1)$$

θ_1 : 증류수 접촉각

θ_2 : methylene iodide 접촉각

표면에너지 측정에 사용된 γ^d , γ^p , γ 값은 문헌에 보고된 측정값에 따라 증류수(아래첨자 1)는 21.8, 51.0, 72.8 dyne/cm를 적용하였고, methylene iodide(아래첨자 2)는 48.5, 2.3, 50.8 dyne/cm를 적용하였다.¹¹

2.3 점 도

Brookfield(BROOKFIELD, DV-2, U.S.A.) 점도계를 사용해 LV 4 spindle을 이용하여 상온에서 6 rpm의 조건으로 base와 catalyst의 점도를 각각 측정하였다. 인상재들은 전형적인 비뉴턴 거동을 나타냈기 때문에 점도는 전단력이 가해진 시점에서 30초 경과 후 나타난 값을 취하였다.

2.4 인상재의 경화특성

실리콘 인상재의 경화특성은 고무레오메터(GOTECH, Taiwan)를 이용하여 상온에서 20분 동안 측정된 후 각 인상재들의 상대적인 경화특성을 비교하였다.

2.5 기계적물성

인상재들의 기계적물성은 유압프레스에서 온도를 상온으로 하여 5분 동안 인상재를 경화시켜 약 0.2mm 정도 두께의 판상 형태를 제조한 다음 ASTM D638에 의거해 인장 시편을 제조하였고 인열 시편은 ASTM D624에 따라 시편을 준비하였다. 만능시험기(LLOYD, LR-5K, U.S.A.)를 이용해 상온에서 gauge length 3 cm, crosshead speed를 50 mm/min으로 하여 각 재료들의 인장물성을 측정하였고, 인열물성은 상온과 crosshead speed 50 mm/min의 조건하에서 측정하였다.

2.6 팽윤실험

팽윤실험은 각 재료들을 가교시킨 후 일정한 무게로 자르고, 50 mL 비이커에 벤젠을 약 20 mL

정도 채우고 재료들을 침지시켜 9시간 동안 1시간 간격으로 무게를 측정하였다. 시간에 따른 무게 변화를 측정하여 이들의 상대적인 가교도를 비교하였다.

III. 결과 및 고찰

본 연구에서 개발된 인상재(H)와 기존의 3종류 인상재들의 IR을 측정된 결과를 Fig. 1에 나타내었다. Fig. 1에 나타난 바와 같이 2800cm^{-1} 부근에서 Si가 특성화된 피크, 1200cm^{-1} 부근에서 $\text{Si}(\text{CH}_3)_2$ 와 관련된 피크, 1000cm^{-1} 부근에서 Si-O-Si 관련 피크 등 polydimethylsiloxane에서

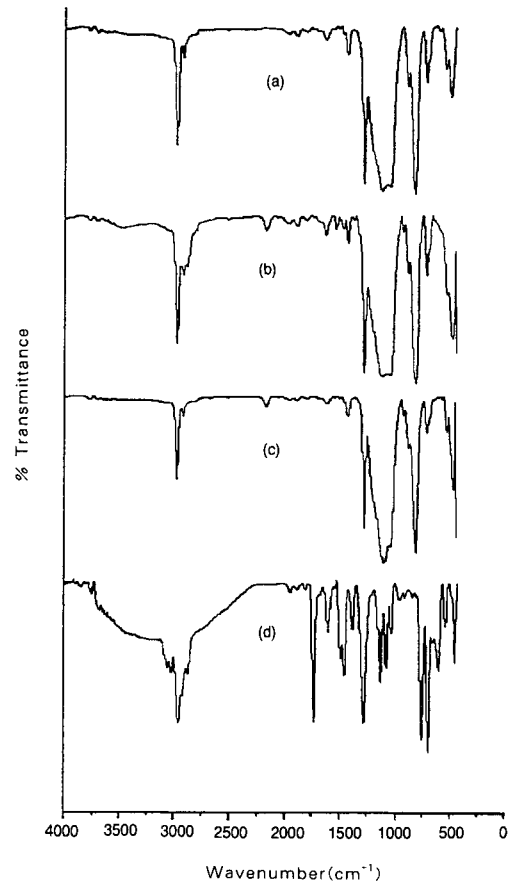


Fig. 1. IR spectra of impression materials of (a) EP, (b) EM, (c) H, and (d) ET.

나타나는 전형적인 피크들이 관찰되어 모든 인상재들의 기본 실리콘 재료들이 유사한 것으로 사료되었다. 그러나 ET의 경우 1700cm^{-1} 부근에서 C=O 특성 피크가 존재함과 무기물의 존재가 특성화되는 700cm^{-1} 이하의 구간에서도 다른 제품들과 차이가 나타났으며 Si가 특성화된 피크가 broad하여 수분의 함량이 더 큰 것과 더불어 여러 다른 종류의 무기물 충전제가 혼합되었음을 예측할 수 있었다. 무기물 충전제의 경우 점도와 더불어 인상재의 유변거동 특히 인상재에서 요구되는 비뉴턴 특성에 영향을 미치기 때문에 이들의 종류와 사용량에 따라 인상재의 유변거동을 조절할 수 있으리라 사료된다.

각 인상재들의 원소함량을 정량적으로 분석하기 위해 EDX를 이용하였으며 그 결과를 Table 3에 나타내었다. Table 3에 나타난 바와 같이 함유된 원소의 성분은 거의 유사한 반면, EP의 경우 다른 제품에 비해 Si의 함량이 상대적으로 적은 것을 확인할 수 있었다. 또한 첨가된 촉매의 종류와 양은 정확히 알 수 없었으나 젖음성 특성이 가장 우수한 EP의 경우 불소 함량이 큰 부분을 차지하고 있음이 확인되어 상대적으로 표면장력이 낮은 불소계통의 계면활성제를 사용할 경우 젖음성 향상측면에서 가

Table 3. Elemental Analysis of Impression Materials by EDX

Element	EP	EM	H	ET
Si	27.077	38.493	35.118	35.068
O	33.362	31.171	35.551	33.913
N	17.185	10.114	11.072	9.413
F	10.333	1.199	2.074	0.639
Au	5.958	10.208	8.459	12.099
Y	3.811	7.588	0.679	7.569
P	0.521	0.958	0.819	1.012
Ar	0.696	-	-	-
Pr	-	-	-	0.318

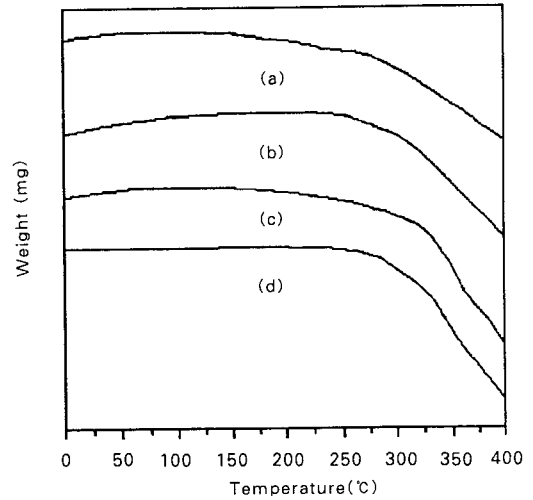


Fig. 2. TGA thermograms of (a) EP, (b) EM, (c) H, and (d) ET.

장 우수할 것으로 사료되었다.

인상재들의 열적특성은 TGA와 DSC를 이용하여 조사하였고 그 결과를 Fig. 2와 Fig. 3에 나타내었다. Fig. 2에 나타난 바와 같이 분해온도에는 큰 차이가 없었지만 EP와 EM의 경우 약 270°C , ET의 경우 약 260°C , 그리고 H의 경우 약 250°C 근처에서 분해가 시작됨으로써 base 재료들의 분자량의 차이를 예측할 수 있었고 본 연구에서 개발된 H의 경우 추가적인

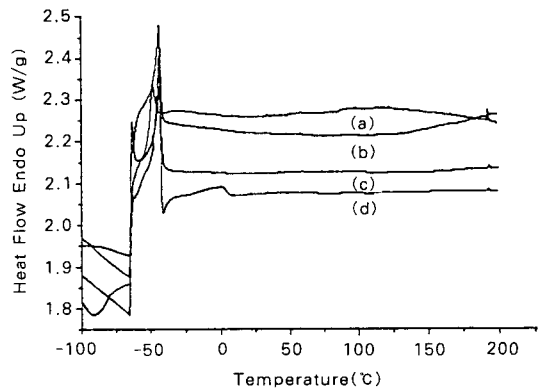


Fig. 3. DSC results of (a) EP, (b) EM, (c) H, and (d) ET.

기계적물성 향상을 위해서는 최적조성 결정시 base 실리콘 폴리머들의 블렌딩 비를 조절할 필요가 있음을 알 수 있었다. Fig. 3에는 인상재들의 DSC 결과를 나타내었는데 유리전이온도가 약 -42~-43℃로 각 제품들 거의 모두 유사하였다. 그러나, ET제품의 경우 -48℃와 -67℃에서 두 개의 변곡 피크가 나타나 흡열량의 차이를 보이므로 IR 측정에서 예측한 바와 더불어 베이스 폴리머로 실리콘 공중합체를 사용한 것으로 예측되었다.

인상재의 경우 치아에 적용하여 형태를 정확히 인상하는 것이 목적이므로 인상재의 치아와의 젖음성이 매우 중요한 요소라고 할 수 있다. 증류수를 이용하여 각 인상재들과의 접촉각을 측정된 결과를 Fig. 4에 나타냈으며, 증류수와 methylene iodide에 대한 접촉각 측정으로부터 식(1)에 의거하여 각 인상재들의 확산에너지와 극성에너지를 계산하여 그 결과를 Table 4에 나타내었다. Table 4에 나타난 인상재의 표면에너지는 인상재의 확산에너지와 극

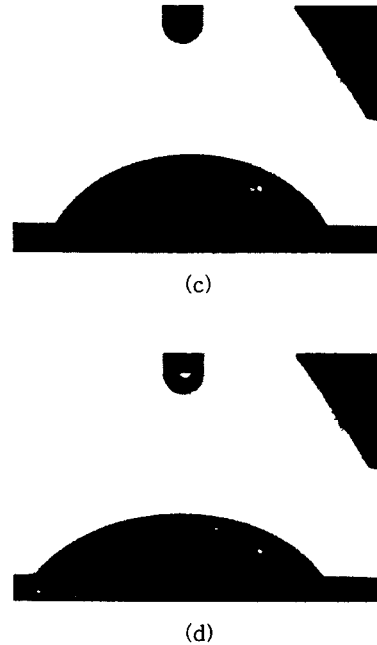
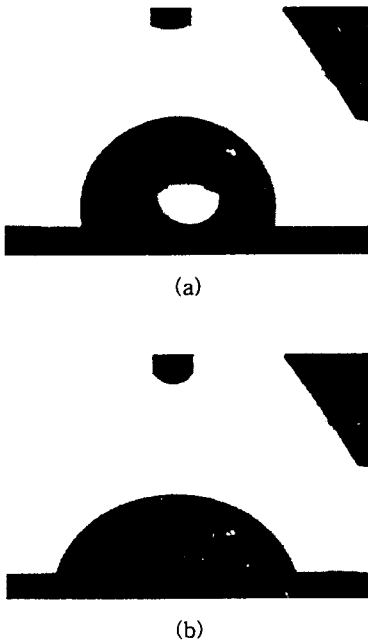


Fig. 4. Contact angle image of (a) EP, (b) EM, (c) H, and (d) ET.

Table 4. Contact angle and Surface Energy of (a) EP, (b) EM, (c) H, and (d) ET

Properties	EP	EM	H	ET
Contact Angle	101.0	76.1	65.0	58.9
Surface Energy (J/m)	23.42	29.44	36.92	45.79



성에너지를 합한 값이다. Zismann의 이론에 따르면¹² 두 물질간의 젖음성 향상을 위해서는 고체인 피착체에 적용될 액상 물질의 표면장력이 피착체보다 낮아야만 하며, 이 조건을 만족시킬 때 완벽한 젖음성을 달성할 수 있다. 이러한 젖음성의 중요성은 에폭시 수지와 폴리에틸렌을 사용해 일련의 실험을 수행한 Sharpe와 Schonhorn의 실험결과에 잘 나타나 있다.¹³ 결과에 의하면 액상 에폭시 수지를 폴리에틸렌 표면에 떨어뜨린 후 에폭시 수지를 경화시켰을

때 두 물질간의 접촉력은 낮았다. 반면, 경화된 고체상태의 에폭시 수지 표면에 용융된 폴리에틸렌을 적용할 경우는 우수한 접촉력을 얻을 수 있었다. 이러한 결과는 높은 표면장력을 가지는 액상 에폭시 수지는 낮은 표면에너지로 가지는 폴리에틸렌 고체 표면에 접촉시키기 어렵다는 것을 의미한다. 더불어 용융점도가 약 $10^3 \text{ Pa} \cdot \text{s}$ 로 약 $1 \text{ Pa} \cdot \text{s}$ 인 액상 에폭시에 비해 점도가 매우 높은 용융 폴리에틸렌을 높은 표면에너지의 고체 에폭시에 적용할 때 젖음성이 우수한 결과는 젖음성 측면에서 점도보다는 두 물질들의 표면장력이 주요인자가 됨을 알 수 있다. 본 연구에서는 경화된 인상재 표면에 증류수와 methylene iodide를 떨어뜨려 인상재의 표면장력을 측정하였다. 따라서, 인상재를 치아에 적용할 때는 액상의 형태로 적용하기 때문에 이들의 접촉각이 커질수록 인상재 자체의 표면장력은 감소함을 의미하며 결국 치아와의 젖음성이 향상된다고 결론지을 수 있다. 결과에 의하면 Table 4에서 나타난 바와 같이 접촉각은 EP가 가장 크게 나타났으며 그에 따른 결과로 EP가 표면장력이 가장 낮음을 알 수 있었다. 이는 친수성 계면활성제의 도입에 의한 젖음성이 향상되었다고 사료되어지며, 원소함량분석 결과에서 나타난 불소가 젖음성 향상에 기여한 물질임이 예측되었다. 본 연구에서 개발된 H의 경우 표면에너지가 상대적으로 높아 이를 액상으로 치아에 적용할 때는 치아와의 젖음성이 좋지않기 때문에, 불소기를 포함하는 계면활성제의 도입 및 base에 친수성기를 도입하는 고분자 개질 등 추가적인 연구가 진행 중에 있다.

고무인상재에 있어 가장 중요한 요소 중의 하나인 젖음성에 연관되어 인상재 적용시 중요한 요소인 점도는 Brookfield 점도계를 이용하여 base와 catalyst의 점도를 각각 측정하였고 그 결과를 Table 5에 나타내었다. Table 5에 나타난바와 같이 EP를 제외한 모든 제품에서

Table 5. Viscosity of (a) EP, (b) EM, (c) H, and (d) ET

Sample Code	Viscosity(Pa · s)	
	Base	Catalyst
EP	43	31.6
EM	24	75
H	27.5	33.3
ET	17	29.6

공히 catalyst가 base보다 점도가 높게 나타났으며 특히, EM의 경우 catalyst가 상당히 높은 점도를 나타내었다. 반면, base의 경우에는 EP의 경우가 가장 높은 점도를 지니고 있는 것을 알 수 있었다. 인상재의 우수한 성능을 위해 base와 catalyst 중 어느것의 점도가 높아야 하는지에 대한 기준은 없지만 auto-mixing gun을 통해 두 물질이 혼합되어 인상재가 경화되기 때문에 이들의 점도 조절은 중요하다고 할 수 있다. 일반적으로 catalyst의 양이 많아질 경우 인상재의 경화속도는 빨라지기 때문에 이들의 점도 조절로 인상재의 경화속도를 조절할 수 있게 된다. 따라서, 점도 조절을 통한 유변거동 확립, base와 catalyst의 점도에 따른 auto-mixing gun을 빠져나온 이들의 혼합비, 그에 따른 경화속도 더 나아가 최종 기계적물성 등 이들의 복잡한 상관관계 확립이 무엇보다도 필요할것으로 판단된다. 점도와 젖음성의 결과를 비교해 볼 때 점도를 인상재 물질의 젖음성 측면과 연관지어 확정지을 순 없으나 흐름성을 통한 auto-mixing gun 사용의 편이성적인 측면과는 밀접하게 연관지을 수 있었다. 전단력에 따른 점도 변화를 측정하여 인상재들의 유변거동을 분석하는 연구가 현재 수행중에 있으며, 이러한 결과로부터 점도와 젖음성과의 상관관계 역시 규명될 수 있을 것으로 기대된다.

Fig. 5는 고무레오메터를 이용하여 각 제품들이 시간에 따라 가교되는 정도를 측정한 결과이다. 90% cure time인 T90을 비교할 때 Table 5에

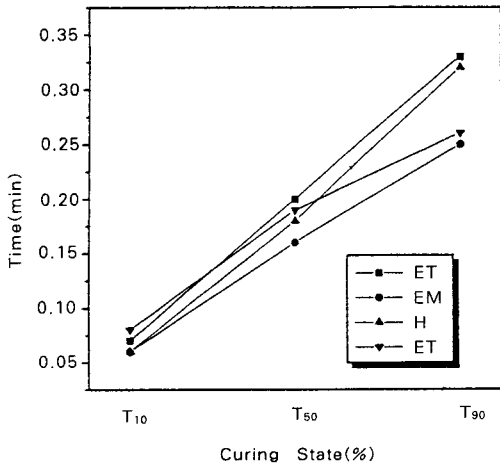


Fig. 5. Time required to achieve the various cure states of (a) EP, (b) EM, (c) H, and (d) ET.

나타난 바와 같이 base와 catalyst 간의 점도차가 큰 EM, ET, H, EP의 순서대로 경화속도가 증가하였다. 이는 전단력에 따른 점도 변화로 인해 base와 catalyst의 혼합비가 조절되는 인상재의 전형적인 비뉴턴 거동을 예시한 결과라고 사료된다. 따라서, catalyst의 조성비에 따른 점도 조절로 인상재 경화속도의 조절이 가능함을 알 수 있었고 경화속도 보다는 항상 일정한 경화속도를 유지하는 것이 인상재에서는 중요한 요소이기 때문에 이의 안정화에 대한 연구가 현재 진행 중에 있다. 자동혼합기를 이용하여 base와 catalyst가 혼합되고, 경화 된 각 물질들의 가교밀도는 벤젠용액에 각 인상재를 침지시킨 후 시간에 따른 무게변화로서 상대적으로 평가하였고 그 결과를 Fig. 6에 나타내었다. Fig. 6에 나타난 바와 같이 EP와 H의 경우는 침지 시간에 따라 무게의 변화가 크지 않은 반면, EM과 ET의 경우는 침지 시간에 따른 무게의 변화가 크게 나타났다. 즉, EP와 H의 경화속도는 느리지만 가교밀도가 ET나 EM의 경우보다 상대적으로 높음을 알 수 있었다. 가교밀도의 경우 인상재의 기계적물성과 크게 연관성

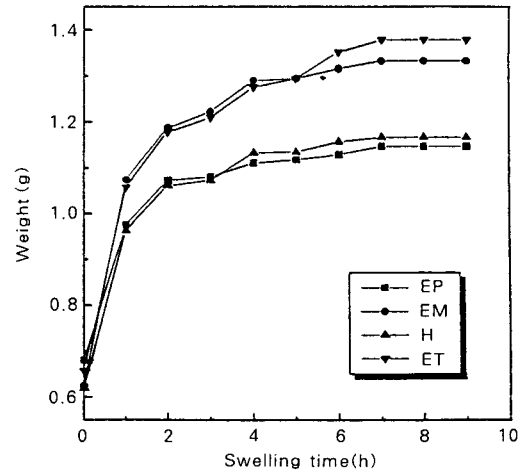


Fig. 6. Weight change with the swelling time of (a) EP, (b) EM, (c) H, and (d) ET.

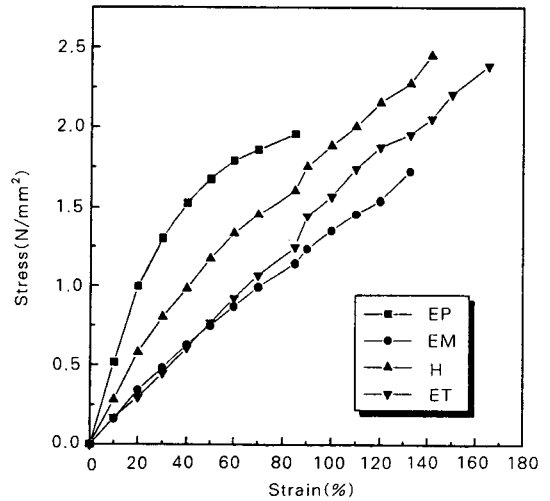


Fig. 7. Tensile properties of (a) EP, (b) EM, (c) H, and (d) ET.

이 있으므로 흐름성과의 측면을 고려하여 향후 최적의 가교밀도가 구축될 수 있을 것으로 판단된다.

고무 인상재가 치아에 주입된 후 치아의 미세부위 까지 흐른 뒤 경화되어 채득할 때 끊어짐 없이 채득되는 성질은 이들의 기계적물성과 밀접한 관계가 있다. 각 인상재들의 인상물성

Table 6. Tear Strength of (a) EP, (b) EM, (c) H, and (d) ET

Property	EP	EM	H	ET
Tear Strength (N/mm)	7.2716	6.2459	6.5928	5.903

결과를 Fig. 7에 나타내었다. Fig. 7에 나타난 바와 같이 본 연구에서 개발된 H의 경우 인장강도와 신장율의 측면에서 상대적으로 우수하였다. 이로 미루어 H가 외국제품에 비해, 물질을 파괴하기 위해 필요한 에너지, 즉, 강인성이 우수함을 알 수 있었다. 또한 Table 6에는 인열강도의 결과를 나타내었는데 Fig. 7에 나타난 바와 같이 모듈러스가 가장 큰 EP의 인열강도가 가장 우수하였다. 또한, Fig. 6에 나타난바와 같이 상대적으로 가교밀도가 높은 EP와 H가 EM과 ET보다 인열강도가 높았는데 이로부터 가교밀도가 인열강도에 영향을 미침을 알 수 있었다. H의 경우도 다른 인상재에 비해 상대적인 인열강도는 우수하였지만 강인성을 저하시키지 않는 범위에서 인열강도를 증가시키기 위해서는 첨가되는 충전제와 인상재 매트릭스 간의 계면특성에 대한 연구가 더욱 필요할 것으로 사료된다.

IV. 결 론

본 연구에서 개발된 부가중합형 실리콘 고무 인상재(H)의 치과용 인상재료의 적용 가능성을 평가하기 위한 기초연구를 치과계에서 현재 널리 사용되고 있는 외국 제품인 Express(EP, 3M Co.), Examix(EM, GC Co.), Extrude(ET, Kerr Co.) 등과의 비교 연구를 통해 다음과 같은 결론을 얻었으며, 본 연구는 국내 치과용 인상재 개발에 대한 기초연구를 제공하였다는 것에 큰 의미가 있다고 사료되었다.

1. 화학적 분석 결과 H와 다른 외국제품들

간에 뚜렷한 차이점이나 특징을 밝혀내지는 못하였으나 ET의 경우 수분함량이 상대적으로 높고 여러 다른 종류의 무기 충전제가 혼합되었음을 발견하였다. 또한, 무기물 충전제의 경우 인상재의 비뉴턴 특성에 영향을 미치기 때문에 이들의 종류와 사용량에 따라 인상재의 유변거동을 조절할 수 있음을 알 수 있었다.

2. H의 경우 기계적물성이 우수하여 인상재 특시 요구되는 물성을 충분히 발현하였지만, 젖음성 측면이 상대적으로 취약하였다. 젖음성 향상을 위해서는 인상재의 표면에너지가 피착체보다 낮아야 함을 알 수 있었고, 이는 fluoro기를 포함하는 계면활성제 도입 및 base polymer 자체를 개질시켜 강인성을 손상시키지 않는 범위에서 젖음성 향상이 가능하게 될 수 있음을 알 수 있었다.

3. Base와 catalyst의 점도 조절과 catalyst의 조성비에 따라 인상재 경화속도 및 가교밀도가 조절될 수 있음을 알 수 있었고, 이를 위해서는 인상재의 유변거동에 대한 해석이 매우 중요함을 알 수 있었다.

4. ET, EM, H, EP의 순으로 가교밀도가 상대적으로 증가하였으며 인열강도 역시 증가하였다. 따라서, 인상재의 기계적 특성에는 가교밀도가 매우 중요함을 알 수 있었다.

감사의 글

본 과제는 한국보건산업진흥원(과제번호: HMP-99-F-10-003)의 지원에 의해 수행되었으며 이에 감사드립니다.

참 고 문 헌

1. 김광만, 이종석, 김경남, 신상완, *대한치과기재학회지*, 25(2), 188 (1998).
2. 고영무, 김경남, 이근우, *대한치과기재학회지*, 22(1), 47 (1995).

3. R. H. Augsburger, K. B. Soelburg, R. B. Pelzner, M. S. Bogdan, and Kempfer, *Oper. Dent.*, **6**, 70 (1981).
4. R. G. Craig, *J. Mich. Dent. Assoc.*, **59**, 254 (1977).
5. R. G. Craig, *J. Am. Dent. Assoc.*, **110**, 213 (1985).
6. G. H. Johnson and R. G. Craig, *J. Prosthet. Dent.*, **53**, 484 (1985).
7. R. W. Phillips, "Science of Dental Materials", 9th ed., W. B. Saunders Co., Philadelphia, 1991.
8. D. H. Pratten and R. G. Craig, *J. Prosthet. Dent.*, **61**, 197 (1989).
9. 이종률, *임상치재*, **1(2)**, 183 (1991).
10. 유소정, 이근우, 김경남, *대한치과보철학회지*, **34(2)**, 349 (1996).
11. S. Wu, "Polymer Interface and Adhesion", Marcel Dekker, New York, pp. 179~182, 1982.
12. W. A. Zisman and H. W. Fox, *J. Coll. Sci.*, **5**, 514 (1950).
13. L. H. Sharpe and H. Schonhorn, "Contact Angle, Wettability and Adhesion", ed. by R. F. Gould, ACS, 1964.