

# 부가 중합형 실리콘 인상재에서 발생하는 수고 기체가 석고 표면에 미치는 영향

연세대학교 치과대학 보철학교실

유소정 · 이근우 · 김경남

## I. 서론

우수한 보철물을 제작하기 위해서는 정확한 인상과정이 선결조건이 된다. 이를 위해서 우수한 성질을 가진 인상재가 뒷받침되어야 하므로, 다양한 인상재가 임상에 도입되어 그 성질을 계속하여 평가 받고 있다. 이런 인상재중에서 실리콘 중합체(silicone polymer)는 1950년대에 치과계에 처음 도입되었으나 가교결합(cross-linking)반응 부산물로 수고기체를 방출하므로 석고 주입시 표면에 과다한 기포를 발생시켜 사용되지 못했고<sup>(10, 24, 41)</sup>, 1960년대에 와서 조성에 많은 변화를 준 실리콘이 소개되었는데 이 역시 가교결합반응 부산물로 알코올 발생시켜 크기안정성에 문제가 있는 것으로 지적되었다<sup>(20)</sup>. 최초의 달 여행 시 NASA에서 달표면의 정확하고 변형이 없는 인상을 얻고자 개발한 실리콘이 1970년대 중반에 치과계에 소개되었는데 이는 부가 중합형으로 부산물을 생성하지 않아, 크기안정성(dimensional stabisational silicone)보다 우수한 물리적 성질을 나타내어 실리콘 인상재 자리의 대부분을 차지하게 되었다<sup>(14, 39)</sup>. 부가 중합형 실리콘은 고가임에도 불구하고 보철, 보존, implant 등 다양한 분야에서 널리 사용되고 있는데, 이는 우수한 미세부재현성, 탄성 회복력<sup>(43)</sup>, 인상재 중 가장 우수한 크기안정성, 은 도금 die 제작 가능성, 조작용이성, 환자에게 편안함, 석고모형 재제작 가능성, 석고주입 지연 가

능성 등 많은 장점에 기인한다<sup>(3, 15, 21, 44, 46, 48)</sup>. 그럼에도 불구하고 부가 중합형 실리콘은 latex 장갑과 접촉시 latex 내황화합물에 의한 백금 촉매제 오염의 결과로 경화가 지연되고<sup>(3, 16, 26, 27, 34)</sup>, 젖음성(wetting)이 나빠 석고 주입시 기포를 발생시키며<sup>(23, 29)</sup>, 석고 주입시 수분과 접촉하여 수소기체를 방출하는 등의 문제를 가지고 있다<sup>(23, 24, 25)</sup>.

인상음형인기에 주입한 석고 표면에 대하여 많은 선학들의 연구가 있었는데, 이는 석고표면이 거칠면 좋지 못한 임상적 결과를 초래하기 때문이다. 대부분의 연구에서 부가 중합형 실리콘은 반응 부산물이 없음을 강조하고 있으나, 임상적으로는 부가 중합형 인상재의 경화반응이 끝난 직후 주입한 석고 모형표면에 젖음성이 나빠 생긴 기포와는 수나 형태에서 비교할 수 없는 기포가 생김을 볼 수가 있다<sup>(24)</sup>. 1976년 Lorren에 따르면 기포의 원인은 부가 중합형 실리콘 인상재 표면에서 발생한 수고 기체라 하였으며<sup>(23)</sup>, Philips과 Baum 등은 부가 중합형 실리콘과 관련된 비슷한 표면 flaw를 보고했고<sup>(26)</sup>, 1985년 Nicholson 등은 기체가 발생되며, 그것이 수소 기체임을 보고하였다<sup>(26)</sup>.

이에 본 연구에서는 부가 중합형 실리콘 인상재에서 발생하는 수고기체가 석고표면에 기포를 발생시키는 데 기포발생에 영향을 주는 요소들을 알아보기 위해, 석고 주입시간을 달리 하여 부가 중합형 실리콘의 putty-syringe 형, 인상재의 종류에 따라 일정면적

경석고 표면에 발생하는 기포 수를 측정, 비교 연구하여 발표하는 바이다.

## II. 연구 재료 및 방법

### 가. 연구재료

주모형은 미국치과의사협회 규격 제 19호의 미세선 시험 블록(면적 : 2826mm<sup>2</sup>)을 이용하여 제작하였고(Fig. 1)(33), 인상재는 7종의 putty형과 syringe형의 부가 중합형 실리콘을 사용하였으며(Table 1), 석고 모형재는 경석고 New Fujirock(GC, Tokyo, Japan)를 사용하였다.

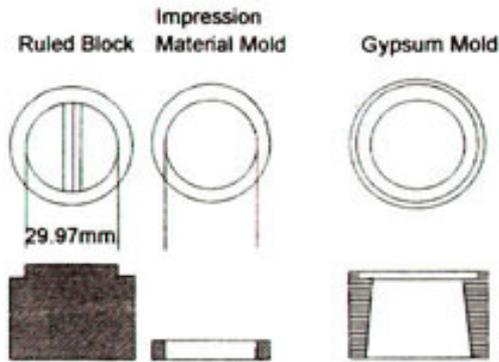


Fig. 1. A.D.a. Spec. No. 19 detail reproduction apparatus.

### 나. 연구방법

#### 1. 시편의 제작

균일한 면적의 석고면을 얻기 위하여 미국 치과의사협회 규격 제 19호에서 추천한 미세선 시험 블록을 이용하였으며, 7종의 부가 중합형 실리콘 인상재의 putty 형과 syringe형에 인상재 경화시간이 지난 후 0분, 15분, 30분, 45분, 60분 후에 석고 모형재를 주입하였고 각각의 경우 4개씩 총 280개의 시편을 제작하였다.

인상재는 제조자의 지시에 따라 계량 혼합하여 기포가 생기지 않게 주형내에 주입하였고, 자동혼합형은 바로 주형내에 주입하였다. putty형은 깨끗한 손으로 1분간 혼합하여 줄이 생기지 않게 균일 혼합하였다. 인상주형을 유리판 위에 놓고 인상재를 주입한 후 시험블럭을 주형에 위치, 하중을 가하여 8분 동안 경화시킨 후 시험블럭을 제거하고, 0분, 16분, 30분, 45분, 60분의 시간이 지난 후 제조자가 지시한 혼수비에 따라 석고 모형재를 진공 혼합기에서 20초간 혼합하여 가벼운 진동하에 석고를 주입 하였고, 45분간의 석고 경화시간이 지난 후 석고 모형을 제거하였다.

#### 2. 측정

2명의 술자가 stereoscope을 이용하여 7.5배 확대하에서 기포 수를 측정하였다.

이때 석고 혼합시 기포 함입이나, 석고 주입시 인상재 소수성에 의해 함입된 기포, 인상재 표면에 스며 나온 oil에 감별점을 충분히 논의한 후 측정에 들어갔다.

Table 1. Addition silicone impression materials used in this study

Material	Manufacturer
Blend-A-Scon	Blendax, Mainz, Germany
Correct VPS	JP Korea Ltd., Seoul, Korea
Exaflex	GC America Inc., Chicago, USA
Express	3M Dental, St. Paul, Minn., USA
Extrude	Kerr Mfg., Romulus, Mich., USA
Provil	Bayer Dental., Leverkusen, Germany
Reprosil	LD Caulk, Melford, Del., USA

석고 혼합과정에서 잔존한 석고 내부기포나, 인상재 수소성에 의한 기포는 기포흔적이 매우 깊어 그림자에 의해 뚜렷한 흔적이 나타나며 뚜렷한 원형으로 나타났다(사진부도1).

중합체/가교 결합체의 당량비가 맞지 않아 잔존한 과다 중합체에 의한 기포는 인상재 표면에 기름이 스며 나와 있으며 기포가 각이 져 있는 경우가 많고 뚜렷한 경계를 보였다(사진 부도2).

수소가스에 의한 기포는 전부위에 걸쳐 기포의 깊이가 얇고 경계부가 뚜렷하지 않은 희미한 흔적의 원형으로 나타났다(사진 부도3, 4)

### 3. 통계 분석

Syringe형과 putty형, 인상재 종류에 따른 수소가스에 의한 기포수의 변화를 비교하기 위하여 Kruscal-Wallis 법, Mann-Whitney 법을 이용하였다( $p < 0.05$ ).

## III. 연구성적

### 가. 시간에 따른 비교

#### 1. Putty 형

모든 인상재가 시간이 지남에 따라 기포발생이 감소하였고 Blend-A-Scon-15분(평균값=7개), Correct VPS-30분(27개), Exafine-60분(32개), Exafine-45분(17.5개), Extrude-15분(15.5개), Provil-15분(12.25개), Reprosil-0분(7.5개)에서 급격한 기포수의

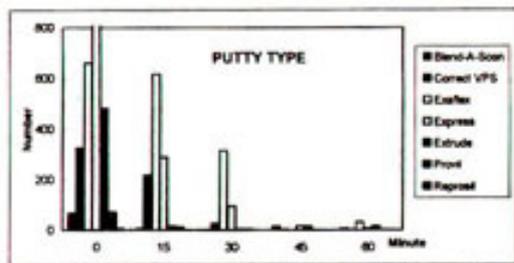


Fig. 2. Comparison of mean void number of putty type as a function of time.

감소를 보였다.

### 2. Syringe 형

Blend-A-Scon, Extrude의 경우 기포발생을 관찰할 수 없었고, Exaflex, Provil의 경우-30분 이후, Reprosil의 경우-45분 이후에 기포 발생이 없었고 시간이 지남에 따라 기포수가 감소하는 경향을 보였다 (Fig 3).

#### 나. putty 형과 syringe 형의 비교

Blend-A-Scon, Exaflex, Extrude는 모든 시간대에서 Reprosil은 0분, 15분, 30분, 45분, Correct VPS, Express는 0분, 15분, 30분, Provil은 30분, 60분에서 유의성 있게 putty형이 syringe 형보다 기포수가 많았다. 그러나 Reprosil은 0분, 15분, 30분, 45분에서 유의성 있게 syringe형이 putty형보다 기포수가 많았다.

#### 다. 인상재간 비교

putty형의 경우 Reprosil / Blend-A-Scon과 Provil / Correct VPS와 Extrude / Express와 Exaflex 순으로 기포발생이 많아졌다.

Syringe 형의 경우 Blend-A-Scon, Extrude는 기포발생이 없었고, Exafine 은 0분, 15분에서 Blend-A-Scon, Extrude 다음으로 많았으나, 30분 이후부터 기포발생이 없었다. Provil은 0분, 15분에서는 기포발생이 Express 다음으로 많았으나, 30분 이후로 기포발생이 없었고, Express가 가장 기포발생이 많았다.(Table 3)

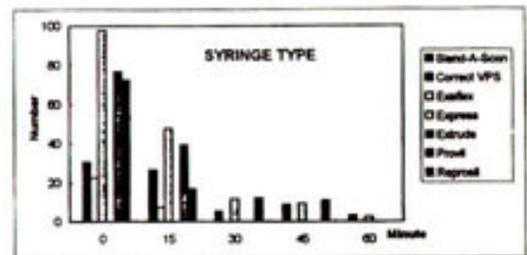


Fig. 3. Comparison of mean void number of syringe type as a function of time.

Table 2. Comparison of mean void number on stone surface produced from putty and syringe type of addition silicone impression materials at each delayed pouring time

		0 minute	15 minute	30 minute	45 minute	60 minute
Blend-A-Scon	Putty	68.50	7.00	3.00	3.00	6.50
	Syringe	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	p < 0.05	0.0211*	0.0202*	0.0202*	0.0202*	0.0211*
Correct VPS	Putty	328.25	218.50	27.00	4.25	2.25
	Syringe	30.75	26.50	5.25	8.75	3.25
	p < 0.05	0.0304*	0.0304*	0.0256*	0.3123	0.559
Exaflex	Putty	661.25	616.75	315.25	129.25	32.00
	Syringe	22.50	7.25	0.00	0.00	0.00
	p < 0.05	0.0304*	0.0304*	0.0211*	0.0211*	0.0211*
Express	Putty	1914.75	291.25	94.75	17.50	7.25
	Syringe	97.75	47.75	11.75	9.25	2.50
	p < 0.05	0.0304	0.0304*	0.0304*	0.0796	0.053
Extrude	Putty	481.75	15.57	4.25	15.50	16.50
	Syringe	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	p < 0.05	0.0211*	0.0202*	0.0211*	0.0211*	0.0211*
Provil	Putty	72.00	12.25	3.75	2.75	2.25
	Syringe	76.75	39.25	0.00	0.00	0.00
	p < 0.05	0.665	0.3093	0.0211*	0.0668	0.0177*
Reprosil	Putty	7.50	1.50	1.00	1.00	1.00
	Syringe	72.50	16.75	12.25	11.00	0.00
	p < 0.05	0.0304*	0.0284*	0.0294*	0.0284*	0.0668

Tested by Kruskal-Wallis Test, Mann-Whitney test (P<0.05)

\*significant difference

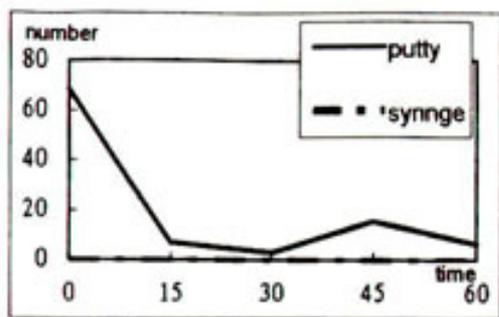


Fig. 4. Comparison of putty and syringe type of Blend-A-Scon.

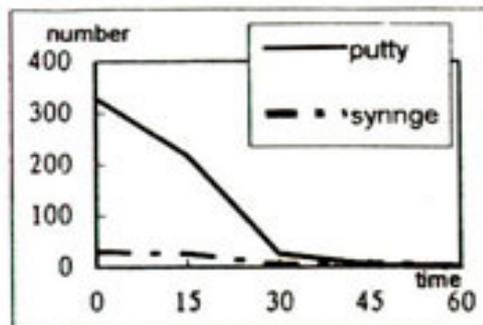


Fig. 5. Comparison of putty and syringe type of Correct VPS.

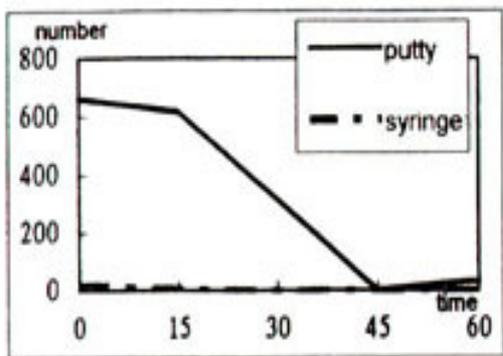


Fig. 6. Comparison of putty and syringe type of Exaflex.

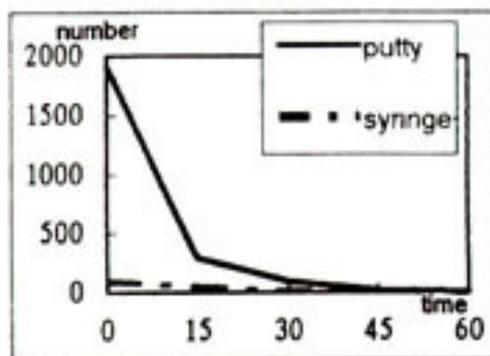


Fig. 7. Comparison of putty and syringe type of Express.

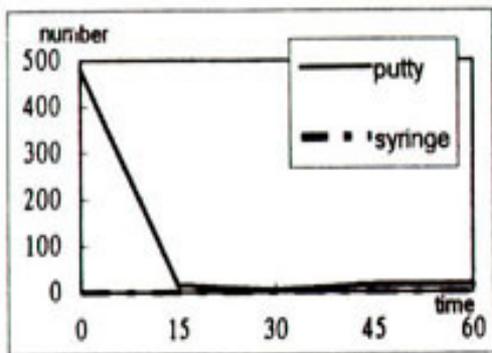


Fig. 8. Comparison of putty and syringe type of Extude.

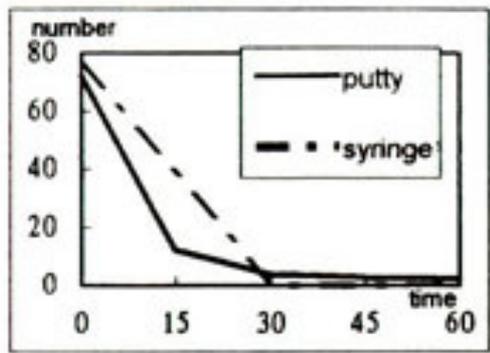


Fig. 9. Comparison of putty and syringe type of Provil.

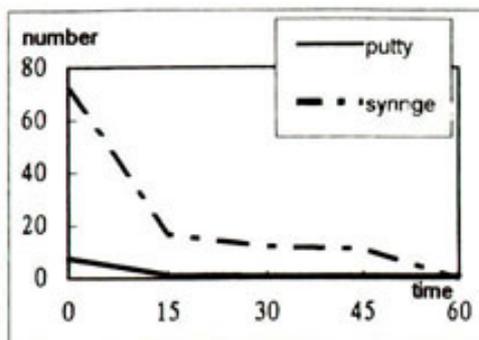


Fig. 10. Comparison of putty and syringe type of Reprosil

Table 3. Comparison of hydrogen gas production effect on the stone surface as a function of 7 different addition silicone impression materials

	Putty type	Syringe type
0 minute	RE BL PR CO ET EF EP	BL= ET EF CO RE PR EP
15 minute	RE BL PR ET CO EP EF	BL= ET EF RE CO PR EP
30 minute	RE BL PR ET CO EP EF	BL= EF= ET= PR CO EP RE
45 minute	RE PR CO ET BL EP EF	BL= EF= ET= PR CO EP RE
60 minute	RE PR CO BL EP ET EF	BL= EF= ET= PR= RE EP CO

— No significant difference among the impression materials on the line ( $p < 0.05$ ).

BL = Blend-A-Scon  
 CO = Correct VPS  
 EP = Express  
 EF = Exaflex  
 ET = Extrude  
 PR = Provil  
 RE = Reprosil

#### IV. 총괄 및 고찰

보철 치료의 궁극적 목적은 정확한 보철물을 제작하여 상실된 구강내 조직을 수복해 줌으로써 환자의 기능과 심미성을 회복해 주는데 있다. 정확한 보철물의 제작은 여러 단계의 과정을 거치는데 그 중 환자 내 상태를 정확히 인기 해냄은 정확한 보철물 제작의 필수 조건이 된다. 따라서 여러 인상재가 연구되고 상품화되어 사용되고 있으며, 그 중 부가 중합형 실리콘은 우수한 물리적 성질로 고가임에도 세계적으로 널리 사용되고 있는 인상재이다. 그러나 이 부가 중합형 실리콘은 우수한 미세부 재현성에도 불구하고, 석고 주입시 소수성 때문에 기포발생이 잦고, 혼합시 인상재 내에 기포가 합입되고, 제조자들은 축중합형 실리콘이 알코올 부산물의 생성으로 크기 안정성이 떨어짐에 비해 부가 중합형 실리콘은 부산물이 생기지 않는다고 주장

하고 있으나, 실제 임상과정에서는 소수성(hydrophobic)에 의한 기포와는 다른 수소발생에 따른 기포가 생김을 볼 수 있다<sup>(25)</sup>.

1991년 Schelb등은 부가 중합형 인상재와 제4형 경석고의 미세부 재현성을 비교한 결과 부가 중합형 인상재는 25 $\mu$ m의 미세선을 100% 재현했으나 이에 주입된 석고모형은 32%만 재현되었다고 보고했다<sup>(35)</sup>. 이처럼 부가 중합형 실리콘은 미세부 재현성은 좋으나 소수성으로 석고 주입시 기포함입 가능성이 높은 것으로 보고되고 있으며<sup>(10)</sup>, 소수성을 감소시키려는 노력의 일환으로 nonionic surfactant를 인상재 내에 첨가하여 친수성(hydrophilic)부가 중합형 실리콘이란 이름으로 상업화 되어 있는데 친수성이란 포화 된 CaSO<sub>4</sub> 용액의 advancing 접촉각이 90도 이하임을 의미하는 것이다<sup>(28)</sup>. 1979년 Norling등은 nonionic surfactant의 첨가로 실리콘의 젖음성이 증가하여 기포수가 적어졌

음을 보고하고 있다<sup>(7, 28, 31)</sup>. 1989년 Pratten등은 이의 기전으로 liquid 표면장력의 감소, elastomeric solid의 표면 에너지의 증가로 설명하고 있으며, 친수성 실리콘의 젖음성이 polyether 정도로 증가했음을 보고하고 있다<sup>(29)</sup>. 그러나 surfactant의 첨가로 은 또는 구리도금이 어려워지는 단점도 보고되고 있다<sup>(31)</sup>.

또한 인상재 내 기포발생에 영향을 미치는 요소에 대해서 다양한 연구가 행해져 왔다. 1985년 Stackhouse는 적은 직경의 tip을 가진 syringe가 적은 기포를 발생시키며, syringe에서 주입된 부가 중합형 실리콘 인상재 내 기포를 비교해 보았는데 첫 절반에 나머지 절반보다 기포가 많이 포함되어 있었다고 하였다. 이에 주입시 변연부와 같이 중요한 부위는 나중에 injection할 것을 권유하고 있다<sup>(40)</sup>.

1983년 Stackhouse는 유연성 있는 혼합용 주걱으로 넓은 면적으로 stropping 혼합하는 것이 단단한 spatula로 stir mixing 하는 것 보다 적은 기포를 발생한다고 발표하였고<sup>(38, 42)</sup> Scrabeck은 진공하에 기계적 혼합을 추천하였다<sup>(6)</sup>. 1985년 Keck등은 자동혼합(automixing)을 통해 기포감소, 오염방지, 정확한 base/ catalyst 비를 맞춰줄 수 있다고 하였고<sup>(19)</sup>, 1985년 Craig는 자동혼합형이 단순성, 기포감소, 재료 낭비가 적고 균일한 혼합이 되며, 손으로 혼합 하는 것에 비해 물리적 성질에 변화가 없음을 보고 하였다<sup>(7)</sup>. 1992년 Lim등은 인상재 내 기포는 찢김 강도(tear strength)감소 뿐 아니라 석고가 부어졌을 때 변형을 유발할 수 있음을 지적하였고, 자동혼합형은 기포 감소를 가져온다고 하였고, 손으로 혼합 시 두 술자 간에 기포발생에 있어 유의차가 있음을 보고하였다<sup>(22)</sup>. 여러 문헌에서 손으로 혼합하는 것보다 자동혼합형이 기포 함입이 적으나, 기포발생이 없는 고무인상재는 없다고 보고되고 있다<sup>(1, 8, 36, 41, 42)</sup>. 이와 같이 자동 혼합형은 사용이 간편하고 균일한 혼합이 가능하며, 경제성이 있고, 기포수가 적고, 환자에게 편함 등의 장점이 있어 앞으로 많이 사용될 것으로 기대된다<sup>(1, 3)</sup>.

1976년 Lauren 등은 부가중합형 실리콘에서 젖음성이 나빠서 생기는 기포와는 형태나 수가 다른 flaw가 생기는 것을 보고했고<sup>(23)</sup> 1985년 McCrosson등은 이것이 수소 기체라 보고 했으며<sup>(25)</sup>, 같은해 Nicolson

등은 부가 중합형 실리콘에서 기체가 발생하며, 이것은 수소 기체라 보고했다<sup>(26)</sup>.

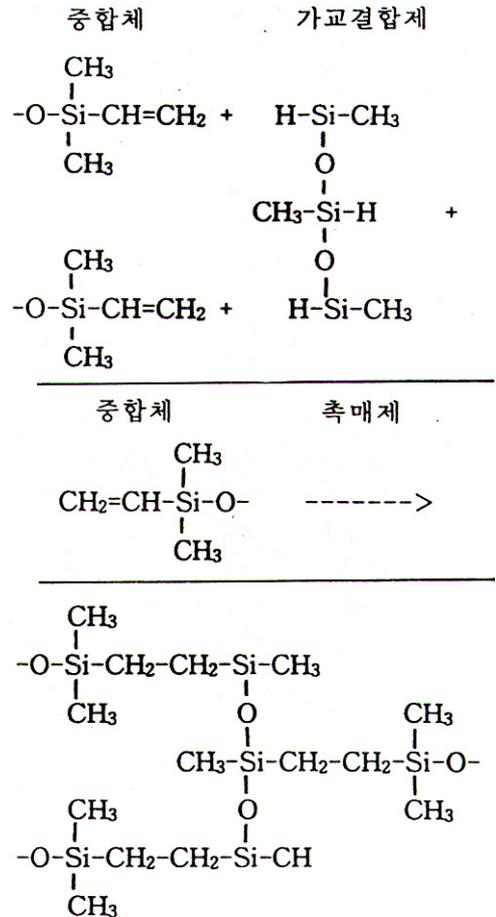
부가 중합형 실리콘 인상재는 base paste, catalyst paste로 이루어져 있으며, base paste에는 중합제, 가교결합제, 충전제등이 들어있고, catalyst paste에는 중합제, 촉매제, 충전제등이 들어있다. 경화반응은 중합제의 vinyl기와 가교결합제의 수소 기 사이에서 산-염기 반응에 의해 아래와 같이 일어난다<sup>(31, 43, 45)</sup>.

중 합 제 : vinyl terminated poly(dimethylsiloxane) : difunctional

가 교 결 합 제 : hydromethyl-dimethyl siliconevcopolymer : multifunctional

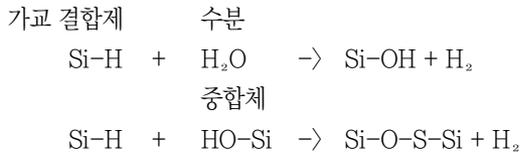
촉매제 : Chloroplatinic acid : H<sub>2</sub>PtCl<sub>6</sub>

부가 중합형 실리콘 형의 수소발생 기전을 살펴보면



위의 중합 과정 외에 가교결합제(crosslinker)의 수소기가 수분이나, 합성과정 중에 잔존하는 중합체(polymer)의 silanol(Si-OH)기와 만나 수소기체가 발생하는 것으로 알려져 있다<sup>(4, 45)</sup>.

따라서 수소 기체의 발생을 억제하려면 제작 시에



중합체내의 silanol기의 제거와 경화반응 후 가교결합제의 수소기가 적어지도록 정확한 vinyl/Si-H 당량비가 맞아야 하며, 수소기체 흡수제인 Pd 등의 첨가를 시도하고 있다<sup>(3, 8)</sup>.

본 실험에서 수소기체 발생은 시간이 지남에 따라 감소함을 보이고 있다. 한편 24시간 후의 크기 안정성은 매우 높은 것으로 보고되고 있는데<sup>(24, 46)</sup>, 1980년 Yeh, Craig 등은 부가 중합형 실리콘의 24시간 후 크기 변화(dimensional change)를 -0.06%라 하였고, 1981년 Tjan등은 Polyether, 부가중합형 실리콘이 다른 고무 인상재보다 더 크기 안정성이 높으며, 30분 내 석고를 부은 것과 일주일 후에 부은 것은 유의차가 없음을 보고하고 있다<sup>(44)</sup>. 같은해 Lacy등은 첫 4시간에 0.05% 이내로 die크기가 변했으며 4일 후 die 크기도 거의 변하지 않았으며, 고무 인상재 중 가장 크기안정성이 있다하였다<sup>(21)</sup>. 1992년 Craig에 따르면, 크기 변화는 24시간 후에 -0.1%로 매우 낮으며, 모든 인상재 중에 가장 낮다고 보고하였다. 수소기체 발생은 본 실험에서 시간이 지남에 따라 감소함을 보이고 있고, 24시간 후의 크기 안정성은 매우 높은 것으로 보고되고 있다<sup>(24, 46)</sup>. 1983년 Gulker는 부가 중합형 실리콘이 수소기체를 발생시키므로 1시간 이내에 석고주입하지 말 것을 권장하고 있으며<sup>(15)</sup>, 제조자들도 수소 기체 발생으로 인상체에 석고주입을 지연시킬 것을 권장하고 있는데 24시간 후의 영구변형율은 A. D. A가 정한 24

시간 후 영구변형율 0.5%보다 충분히 낮고 재료에 따라서는 제조자가 지시한 시간이후에도 기포가 발생했으므로 충분한 시간이 지난 후에 석고를 주입하는 것이 바람직 하다고 생각된다.

부가중합형 실리콘은 1.5-2.5mm의 균일한 두께를 유지할 수 있을 때 변형 없는 정확한 인상을 얻을 수 있다. 1992년 Winstone등은 custom tray를 제작하여 tray에는 medium이나 heavy body를, syringe에는 light body 인상재를 추천하고 있다<sup>(3)</sup>. 그럼에도 불구하고 편이성과 경제성<sup>(1)</sup> 그리고 putty형은 filler가 많이 들어 있어 크기안정성이 좋기 때문에 custom tray의 필요성을 없앨 수 있는 putty-wash system이 도입되었다<sup>(1, 7, 24, 32)</sup>. Simultaneous technique은 가장 바람직하지 못한 방법으로 putty형의 인상재가 인상체면에 드러남으로써 fine detail을 얻을 수 없고 기포발생이 더 많다고 보고하였다<sup>(24, 32)</sup>. McCrosson (1987) 등은 gas chromatograph-mass spectrometry를 이용하여 석고주입시간 차이에 따른 수소발생 양을 정량분석하여, 석고주입시간이 길어짐에 따라 수소발생량이 감소하며, 실제 인상에 석고를 부어 기포수를 측정한 실험에서는 putty형은 기포가 발생하지 않았음을 보고하고 있다<sup>(25)</sup>. 그러나 본 실험에 따르면 putty 형이 기포발생수도 많고, 기포크기도 크음을 보여주고 있으며 미세선 실험블럭에서 편평한 면보다 미세선에서 수소기체에 의한 기포수가 많음을 관찰할 수 있었다. 또한 1989년 Chee, Donovane등은 10종의 부가중합형 실리콘 putty형의 미세부 재현성을 조사했는데 미국치과의사협회규격 제19호에 규정된 syringe, 형의 미세부 재현 요구 조건은 20 $\mu$ m를 2종은 100%, 3종은 50%, 나머지는 전혀 재현하지 못했다고 보고하고 있다<sup>(2)</sup>. 따라서 변연과 같이 인상체 내면에 비교적 날카롭게 함입을 만드는 부분에 putty형의 인상체가 드러날 수 있는 one-step 술식을 이용하는 것은 수소발생이나, 미세부재현성이란 측면에서 바람직하지 못한 방법이라 사료된다<sup>(12)</sup>.

## V. 결론

부가중합형 실리콘 인상재 표면에서 발생하는 수소 기체가 경석고 표면에 기포를 발생시키므로, 이에 영향을 미치는 요소를 알아보기 위해, 석고주입시간을 달리하여, 시판되고 있는 7종의 부가중합형 실리콘 인상재의 putty형, syringe형으로 인상을 채득하고, 경석고 모형을 제작하여 일정면적의 경석고 표면의 수소 기체에 의한 기포를 측정 비교 연구하여 다음과 같은 결과를 얻었다.

1. 시간에 경과함에 따라 경석고 표면의 기포수는 감소하는 경향을 보였다.
2. Reprosil을 제외하고는 syringe형보다는 putty형에서 기포수가 많았다( $P < 0.05$ ).
3. Putty형의 경우 Reprosil / Blend-A-Scon과 Provil / Correct VPS와 Extrude/, Express와 Exaflex 순으로 기포발생이 많아졌다.
4. Syringe형의 경우 Blend-A-Scon, Extrude는 기포발생이 없었고, Exaflex, Provil은 30분후부터 기포발생이 없었고 Express는 가장 기포발생이 많았으며 60분까지 기포가 발생함을 볼 수 있었다.

부가 중합형 실리콘의 수소기체 발생은 석고표면의 기포를 유발하여 정확한 보철물 제작을 방해할 수 있는 요소이다. 이의 피해를 최소화 하기 위해서는 putty형이 syringe형보다 수소발생이 많으므로, putty형이 노출되지 않도록 인상채득을 하는 것이 바람직하며, 시간이 지남에 따라 기포수는 감소하는 것을 보이고 있으므로 충분한 시간이 지난 후에 석고를 주입하는 것이 요구된다. 인상재 간에도 차이가 있으므로 적절한 인상재를 사용하는 것이 수소기체발생의 효과를 적게 하는데 중요하다 하겠다.

## 참고문헌

1. Bomberg T.J., Hatch, R.A., and Hoffman, W. :

Impression material thickness in stock and custom tray, *J. Prosthet. Dent.*, 54 : 170-172, 1985.

2. Chee, W.W.L., and Donovan, T.E. : Fine detail reproduction of very high viscosity polyvinylsiloxane impression materials, *Int. J. Prosthodont.*, 2 : 368-370, 1989.

3. Chee, W.W.L., and Donovan, T.E. : Poly-vinyl siloxane impression materials : A review of properties and techniques, *J. Prosthet. Dent.*, 68 : 728-732, 1992.

4. Chong, Y. H., Soh, G., and Wickens, J.L. : The effect of mixing method on void formation in elastomeric impression materials, *Dent. Mater.*, 2 : 323-326, 1989.

5. Ciesco, J. N., Malone, W.F.P., and Sandrik, J. L., Mazur, B. : Comparison of elastomeric impression materials use in fixed prosthodontics, *J. Prosthet. Dent.*, 45 : 89-94, 1981.

6. Clarson, S. J., and Semlyen, J.A. : Siloxane Polymers, Ellis Horwood-PTR Prentice Hall, p.588-601, 1993.

8. Craing, R.G. : Evaluation of an automatic mixing system for an addition silicone impression material *J. Am. Dent. Assoc.* 110 : 213-215, 1985.

9. Craing, O'Brien Powers : *Dental Materials* 5th ed. Mosby, pp179-195, 1992. Craig R.C. *Restorative dental Material*, pp298-314, 9th ed. St. Louis, C. V. Mosby Co 1993.

10. Cullen, D.R., Mikesell, J. W., and Sandrik, J. L. : Wettability of elastomeric impression materials and voids in gypsum casts, *J. Prosthet. Dent.*, 66 : 261-265, 1991.

11. Custer, F., Updegrove, L., and Ward, M. : Accuracy and dimensional stability of a silicone rubber base impression material, *J. Prosthet. Dent.*, 14 : 1115-1121, 1964.

12. David Brown : An update on elastomeric

- impression materials, *Brit. Dent. J.* 20 : 35-39, 1981.
13. Finger, W., and Ohsawa, M. : Accuracy of stone-casts produced from selected addition-type silicone impressions, *Scand. J. Dent. Res.*, 91 : 61-65, 1983.
  14. Gilmore, W. H., Schnell, R. J., and Phillips, R. W. : Factors influencing the accuracy of silicone impression materials, *J. Prosthet. Dent.*, 9 : 304-314, 1959.
  15. IRA Gulker : An evaluation of impression materials, *NYS Dental J.*, Oct., 1983.
  16. James A., Stackhouse : Relationship of syringe-tip diameter to voids in elastomer impression, *J. Prosthet. Dent.*, 53 : 812-815, 1985.
  17. Kahn, R. L., Donovan, T. E., and Chee, W. W. L. : Interaction of gloves and rubber dam with a polyvinylsiloxane impression material : A Screening test, *Int. Prosthodont.*, 2 : 342-346, 1989.
  18. Kahn, R. L., and Donovan, T. E. : A pilot study of polymerization inhibition of polyvinylsiloxane materials by latex gloves, *Int. J. Prosthodont.*, 2 : 128-130, 1989.
  19. Keck, S. C. : Automixing : A new concept in elastomeric impression material systems, *J. Prosthet. Dent.*, 54 : 479-483, 1985.
  20. Lacy, A. M., Bellman, T., Fukui, H., and Jendresen, M. D. : Time-dependent accuracy of elastomeric impression materials. Part I : Condensation silicones, *J. Prosthet. Dent.*, 45 : 209-215, 1981.
  21. Lacy, A. M., Fukui, H., Bellman, T., and Jendresen, M. D. : Time-dependent accuracy of elastomer impression materials. Part II : Polyether, polysulfides, and polyvinylsiloxane, *J. Prosthet. Dent.*, 45 : 329-333, 1981.
  22. Lim, K. C., Chong, Y. H., and Soh, G. S. : Effect of operator variability on void formation in impression made with an auto-mixed addition silicone, *Austr. Dent. J.* 37 : 35-38, 1992.
  23. Lorren R.A., Salter D.J., and Fairhurst C. W. : The contact angles of die impression materials, *J. Prosthet. Dent.*, 36 : 197-202, 1989.
  24. Marcinak, C. F., and Draughn, R. A. : Linear dimensional changes in addition curing silicone impression materials, *J. Prosthet. Dent.*, 47 : 411-413, 1982.
  25. McCrosson, J., Sharkey, S. W., Smith, G. M., and Anderson R. A., : Quantification of hydrogen gas released from polyvinylsiloxane impression materials in contact with die stone materials, *J. Dent.*, 15 : 129-132, 1987.
  26. Nicholson, J. W., and Norling, B.K. : Quantifying gas evolution from addition silicone elastomers, *J. Dental Res.*, 664 : 243(Abstract No. 617) 1985.
  27. Noonan, J. E., Goldfogel, M. H., and Lambert, R. L. : Inhibited set of the surface of addition silicones in contact with rubber dam, *Oper. Dent.* 10 : 46-48, 1985.
  28. Norling, B. K., and Reisbick, M. H., : The effect of nonionic surfactants on bubble entrapment in elastomeric impression materials, *J. Prosthet. Dent.*, 42 : 342-347, 1979.
  29. Pratten, D. H., and Craing, R. G. : Wettability of a hydrophilic addition silicone impression material, *J. Prosthet. Dent.*, 61 : 197-202, 1989.
  30. Pratten, D. H., and Novetsky, M. : Detail reproduction of soft tissue : A comparison of impression materials, *J. Prosthet. Dent.*, 65 : 188-191, 1991.
  31. Ralph W., Philips : *Skinner's Science of Dental Materials*, pp 135-156, 9th ed., B. W. Saunder's Comp.
  32. Reisbick, M. H., and Matyas, J. : The accuracy of highly filled elastomeric impression materials, *J. Prosthet. Dent.*, 33 : 67-72, 1975.

33. Reports of councils and bureaus : Revised American Dental Association Specification No. 19 for Non-Aqueous, Elastomeric Dental Impression Materials, *J. Am. Dent. Assoc.*, 94 : 799-741, 1977.
34. Richard L. Kahn., Terry, Ee. And Donovan. : The effect of mixing method on void formation in elastomeric impression materials, *Int. J. Prosthodont.*, 2 : 323-326, 1989.
35. Schelb, E., Cavazos, E., Troendle, K. B., and Prihoda, T. J. : Surface detail reproduction of type IV dental stones with selected polyvinyl siloxane impression materials, *Quintessence Int.*, 22 : 51-55, 1991.
36. Scrapeck, Jon G., Wilmer, B., Eames, and Hicks, M. John : Spatulation methods and porosities in investments and impression material, *J. Prosthet. Dent.*, 55 : 332-334, 1986.
37. Soh, G., and Chong, Y. H. : Defects in automixed addition silicone elastomers prepared by putty-wash impression technique. *J. Oral Rehabil.* 18 : 547-553, 1991.
38. Stackhouse, J. A., and Harris, W. T., Mansour, R. M., Hagen, S. : A study of bubble in a rubber clinical conditions, *J. Prosthet. Dent.*, 57 : 591-596, 1987.
39. Stackhouse, J. A. : A comparison of elastic impression materials, *J. Prosthet. Dent.*, 34 : 305-313, 1975.
40. Stackhouse, J. A. : Relationship of syringe-tip diameter to voids in elastomer impressions, *J. Prosthet. Dent.*, 53 : 812-815, 1985.
41. Stackhouse, J. A. : The accuracy of stone dies made from rubber impression materials, *J. Prosthet. Dent.*, 24 : 377-386, 1970.
42. Stackhouse, J. A. : Voids in a mixed elastomeric impression material, *J. Prosthet. Dent.*, 50 : 762-766, 1983.
43. Stannard, J. G., and Craig, R. G. : Modifying the setting rate of an addition-type silicone impression material, *J. Dent. Res.*, 58 : 1377-1382, 1979.
44. Tjan, A. H. L., Whang, S. B., Tjan, A. H., and Sarkissian, R. : Clinically oriented evaluation of the accuracy of commonly used impression materials, *J. Prosthet. Dent.*, 56 : 4-8, 1986.
45. Williams, J. R., and Craig, R. G. : Physical properties of addition silicone as a function of composition, *J. Oral Rehabil.* 15 : 639-650, 1988.
46. Williams, P. T., Jackson, D. G., and Bergman, W. : An evaluation of the time-dependent dimensional stability of eleven elastomeric impression materials, *J. Prosthet. Dent.*, 52 : 120-125, 1984.
47. Yea-Hwe Chong, G. Soh, J. L. Wickens : The Effect of Mixing Method on void Formation in Elastomeric Impression Materials, *Intern. J. Prosthodont.* 2 : 323-326, 1989.
48. Yezh, C. L., Powers, J. M., and Craig, R. G. : Properties of additional-type silicone impression materials, *J. Am. Dent. Assoc.*, 101 : 482-485, 1980.

## 사진부도설명

사진 부도 1. 인상재 소수성에 의한 기포

기포흔적이 매우 깊이 그림자에 의해 뚜렷한 흔적이 나타나며 뚜렷한 원형으로 나타났다.

사진 부도 2. oil에 의한 기포

인상재 표면에 기름이 스며나와 있으며 기포가 각이 저 있는 경우가 많고 뚜렷한 경계를 보였다.

사진 부도 3, 4 수소기체에 의한 기포

전 부위에 걸쳐 기포의 깊이가 얇고 경계부가 뚜렷하지 않은 희미한 흔적이 원형으로 나타났다.

## 논문사진부도

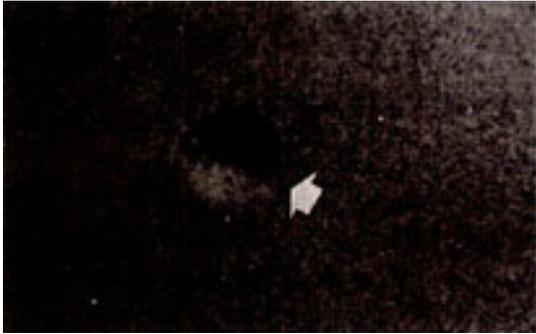


사진 1

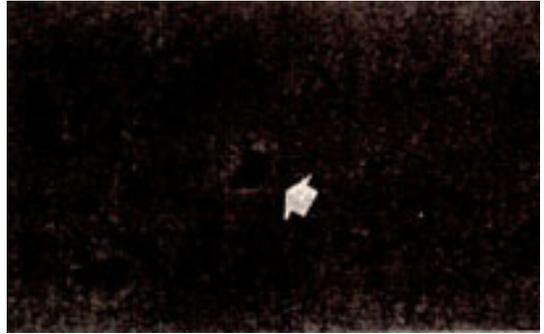


사진 2

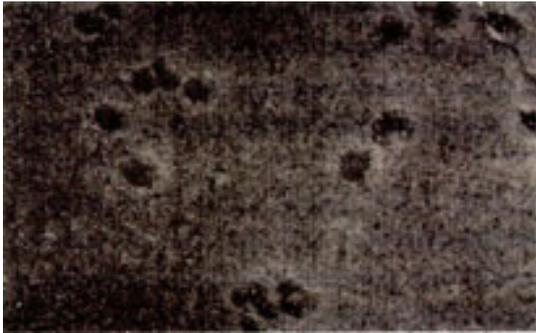


사진 3

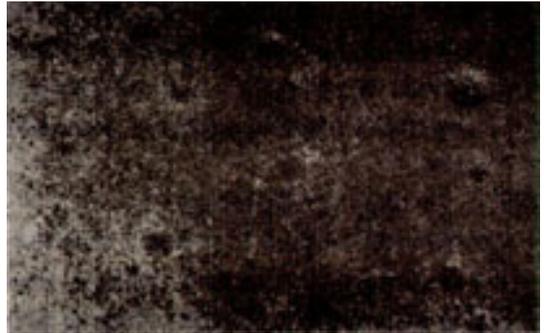


사진 4

=Abstract=

## COMPARISON OF STONE SURFACE POROSITIES CAUSED BY HYDROGEN GAS FROM ADDITION SILICONE IMPRESSION MATERIALS

**So-Jeong Yoo, D.D.S., Keun-Woo Lee, D.D.S., Ph.D., Kyeung-Nam Kim, D.D.S., Ph.D.**

*Dept. of prosthodontics, College of Dentistry, Yonsei University*

To determine the factors to affect on stone surface porosities produced from hydrogen gas of additional silicone, both putty and syringe type of 7 commercially different additional silicone impression materials (Blend-A-Scon, Correct VPS, Exaflex, Express, Extrude, Provil, Reprosil) were chosen and New Fujirock (GC) was poured into the impressions of detail-reproducing test block at 1, 15, 30, 45, 60 minutes after the impression materials had set and 4 specimens were made for each pouring time, each type of impression material, and each consistency and so, 280 specimens were made in total. The number of surface porosities of same area (2826 mm<sup>2</sup>) which were typically caused by hydrogen gas using the stereoscope (X 7.5) by two observers. Comparison of putty-syringe type and among the impression materials are tested by Kruskal-Wallis method and Mann-Whitney method ( $p < 0.05$ ).

The results are as follows.

1. The number of porosities decreased as the pouring time of stone was delayed on both putty and syringe type of additional silicone materials.
2. The putty type significantly produced more porosities than syringe type except for the group of Reprosil ( $p < 0.05$ ).
3. In case of putty type, the number of porosities increased as following order.  
Reprosil / Blend-A-Scon and Provil / Correct VPS and Extrude / Express and Exaflex.
4. In case of syringe type, Blend-A-Scon and Extrude produced no porosity and Exaflex and Provil at 30 minutes, but Express produced porosities even at 60 minutes and the most.

Additional silicone impression material releases hydrogen gas, and that fact can make the resulting die stone model useless. So, to minimize these adverse effects, it is desirable not to expose putty type of additional silicone on critical impression surface because putty type has a tendency to produce more porosities than syringe type. And it is important to have sufficient time before pouring the stone on impression because porosities produce less as time passes after setting of impression material. Also, there are differences among 7 additional silicone impression materials, so it is desirable to choose adequate brand of additional silicone for good laboratory work.

---

Key words : additional silicone, putty type, syringe type, hydrogen gas, stone die.