

# 신개발 국산 부가중합 실리콘 인상재의 젖음성과 기포발생에 관한 비교 연구

강릉대학교 치과대학 보철학교실, 수원대학교 공과대학 고분자화학공학부<sup>2</sup>

연세대학교 치과대학 치과재료학연구소<sup>3</sup>

조리라<sup>1</sup>, 정경호<sup>2</sup>, 김경남<sup>3</sup>

## ABSTRACT

### Wettability and Void formation of Newly Developed Polyvinylsiloxane Impression Materials

Research Institute of Oral Science, College of Dentistry, Kangnung National University<sup>1</sup>

Dept. of Polymer Engineering, University of Suwon<sup>2</sup>

Research Institute of Dental Materials, College of Dentistry, Yonsei University<sup>3</sup>

Lee-Ra Cho<sup>1</sup>, Kyung-Ho Chung<sup>2</sup>, Kyung-Nam Kim<sup>3</sup>

Wettability of addition silicone impression material is very important property for making an accurate restoration. This study examined the impression quality in clinical condition and the wettability of impression material. Three commercially available addition silicone impression material (Imprint; 3M, USA, Examix; GC, Japan, Perfect; Handae, Korea) were studied.

A total of 90 putty/wash impressions of semi-dried premolars and wet molar teeth were examined for void production in impression body. The percentage of the sulcus reproduction ability of each material was calculated from the sulcus depths of cross-sectioned casts from the impressions with stereomicroscope. Three impression materials were used to produce die stone casts from void entrapment die. Voids in the stone casts were counted with the stereomicroscope. From the experiment, the following results were obtained :

1. In direct observation, Imprint showed greatest numbers of void in impression body ( $P < .001$ ). However, correlations were not found between sulcus reproduction and void production.
2. Sulcus reproduction ability of additional silicone impression material was diminished in order of Imprint, Examix, Perfect. The significant difference was found between Imprint and other material ( $P < .001$ ).
3. In void entrapment laboratory test, void productions was diminished in order of Examix, Imprint, Perfect. All voids in casts were less in delayed poured cast than immediately poured cast.
4. Especially, the stone pouring time of Perfect impression material should be delayed.

Key words : polyvinyl siloxane impression material, sulcus reproduction ability, void production

이 연구는 보건복지부 보건의료기술연구개발사업(HMP-99-E-10-0003) 연구비 지원에 의하여 수행되었음

## 1. 서 론

치과수복 보조재료인 인상재는 구강내의 상태를 복제하여 음형 인기를 얻고, 모형재는 양형의 복제 모형을 만들며 이 모형 위에서 치과 수복물을 제작 하게 되므로 매우 중요한 재료이다. 치과 수복물 제작을 위한 인상재는 반응 부산물이 없고, 변형회복율이 높으며, 흐름성이 크고, 크기변화가 적은 고무 인상재를 가장 많이 사용하고 있지만 거의 전량 수입에 의존하고 있으며, 모형재 역시 국내 개발이 낙후되어 수입품만 사용하고 있는 실정이어서 이들의 개발이 시급한 실정이다.

다양한 고무 인상재 중 부가중합형 실리콘 인상재는 변연을 정확하게 재현할 수 있고 우수한 물성을 가지며 체적 안정성이 우수하여 널리 사용되고 있는 인상재이다. 인상재의 표면 특성은 모형재를 부었을 때 정확한 양형 인기를 위하여 가장 중요한 물성인데 부가중합형 실리콘 인상재의 가장 일반적인 문제점은 젖음성이 부족하다는 것이다.<sup>1-3</sup> 인상재의 젖음성이 부족하면 변연이나 작은 유지구에 기포가 발생하여 임상적으로 문제가 될 수 있으며 석고 모형재를 부을 때 모형에 기포가 함입될 가능성이 높다. 이러한 문제를 해결하기 위하여 접촉각을 줄이고 표면에너지를 증가시킬 수 있도록 인상재 제조 시 계면활성제를 첨가하거나 인상을 채득할 치아 표면이나 인상체에 계면활성제를 처리하는 등 다양한 노력을 기울이고 있다.

기존의 국산 고무 인상재를 다른 인상재들과 물성을 비교한 결과<sup>4,7</sup>, 국산 인상재는 정확성에서는 별 차이가 없었으나 젖음성이 많이 열등하며 모형재에 대한 기포발생이 큰 문제점으로 지적되었다. 또한 제품생산시기에 따라 균일하지 못한 물성을 지니는 것도 발견되었다. 이에 본 연구팀에서는 비이온성 계면활성제로 다양한 물수를 가진 nonylphenoxy poly(ethyleneoxy) ethanol homologs를 첨가하고 65SiO<sub>2</sub>-25Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-10MgO 유리를 필러로 하여 함유량을 조절하는 등의 시도

를 통해 물성을 개선하였으며 공정의 표준화를 위한 개선노력을 기울였다. 개선된 신개발 국산 인상재를 임상에 적용해 본 결과 좋은 결과를 얻을 수 있었으나 이를 증명하기 위한 물성 증명이 필요하였다. 따라서 본 연구에서는 기존 국산 고무 인상재와 다른 인상재들의 물성을 비교한 이전 연구 방법을 응용하여 인상채득시 임상적인 변연 재현성과 기포함입 정도를 관찰하고 기포함입모형을 제작하여 인상재의 젖음성을 측정하고 인상재에 모형재를 붓는 시간을 달리함으로써 기포발생이 어떻게 달라지는지를 관찰하여 신개발 친수성 부가중합형 실리콘 인상재의 젖음성에 관해 비교 연구하고자 하였다.

## II. 연구재료 및 방법

### 1. 연구재료

시판되는 부가 중합형 실리콘 인상재 3종을 사용하였고 혼합과정을 표준화하기 위하여 제조회사의 자동혼합주입기를 이용하였다 (Table 1). 각 인상재에 대한 모형재의 젖음성을 측정하기 위하여 모형재를 제조회사의 지시에 따라 혼수비를 맞춘 후 진공혼합기를 사용하여 혼합하였다.

Table 1. Material used in this study

Material	Brand name	Characteristics	Manufacturer
Polyvinyl siloxane	Imprint	Putty/Wash	3M, U. S. A.
	Examix	Putty/Wash	GC, Japan
	Perfect	Putty/Wash	Handae chemical, Korea
Die material	Tuff Rock	Type IV stone	Talladium INC, USA
Tray material	Ostron100		GC, Japan
Tray adhesive	Universal		GC America, U. S. A.
	VPS adhesive		

### 2. 연구방법

#### (1) 인상재의 젖음성 측정

하악 치아의 치은열구 깊이가 2.5 mm를 넘지 않는 건강한 치주 조직을 가진 사람 10명을 대상으로

하여 putty/wash 인상을 채득하였다. 각 환자에게 세 가지 인상재를 적용한 인상을 각 3회씩 채득하여 총 90개의 인상을 채득하였다. 1차 인상은 채득할 부위에 1 mm 두께의 spacer를 장착한 후 30초간 putty를 혼합하여 금속 기성 트레이에 담고 폴리에틸렌 용지를 덮어 혼합한 지 1분 후에 구강에 삽입하고 4분간 두었다가 제거하였다. 30분 후 구강 내를 건조시킨 후 가장 나쁜 임상적 환경을 모방한 상태를 만들기 위해 2cc 주사기를 이용하여 인공타액을 전체 치은열구에 적셨다. 다시 제 1, 2 소구치만 건조시킨 다음 wash 인상재를 자동혼합기로 혼합하여 치은열구에 주입하고 트레이에도 담아 삽입한 후 각 제조 회사의 지시에 따라 구강 내에서 일정 시간 경과한 후에 제거하였다. 모든 환자에서 치은열구의 변형을 막기 위해 하루에 한 번 씩만 인상을 채득하였다. 인상체의 기포함입정도를 숙련된 한 사람의 검사자가 검사하여 기포 수를 기록하였다.

실온 (온도  $25 \pm 0.3$  °C, 습도  $60 \pm 10\%$ ) 에서 1시간 경과 후 레진 함유 석고 모형재를 제조자가 추천하는 사용법에 따라 혼합하였다. 미리 레진 기질을  $100^{\circ}\text{F}$  ( $38^{\circ}\text{C}$ )에서 예열한 후 경화촉진제를 첨가하고 균일한 상태가 되도록 45초간 철저히 혼합하였다. 중간 속도로 진동하는 진동기 위에 인상체를 잘 잡고 90초간 균일한 속도로 인상체에 모형재를 주입한 후 1시간 동안 경화시킨 후 제거하였다. 각 인상체에서 생긴 기포의 개수를 조사하여 수분에 대한 인상재의 반응을 조사하였다. 인상체에는 일반적으로 비슷한 크기의 작은 기포가 다수로 생기므로 크기의 작은 차이는 무시하고 눈으로 확인 가능한 기포의 숫자만을 조사하였다.

레진 함유 석고 모형재에서 소구치와 대구치의 순협축 3 등분한 점을 기준으로 고속절단기 (Accutom50, Struers, Denmark)로 횡단 절단하여 총 12개씩의 시편을 얻은 후 입체현미경 (SZH-ILLB; Olympus Optical Co, Tokyo, Japan)으로 사진을 채득한 다음 각 시편에서의 치은열구의 깊이를 영상 분석 시스템 (ImagePro 4.0;

Mediacybernetics, Silver Spring, Md.)을 이용하여  $1\mu$  단위까지 기록한 후 WHO 치은탐침으로 임상적으로 측정된 치은열구 깊이에 대한 비율을 다음과 같은 식으로 기록하였다.

$$\text{치은열구재현정도} = \frac{\text{모형의치은열구깊이}}{\text{임상적치은열구깊이}} \times 100$$

## (2) 모형재의 기포발생 시험

기포함입시험을 위해 치경부에는 인상용 트레이가 없도록 3mm의 쇼울더 (shoulder) 변연으로 삭제한 치아를 확대 모방한 금속모형을 연마 제작하였다 (Fig. 1). 금속모형의 교합면은 불규칙한 면을 측정할 수 있도록 직경 1.5mm, 깊이가 0.5mm 되는 60개의 원주형 구멍을 삭제하였다.

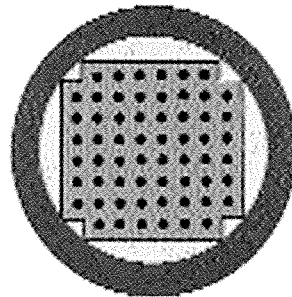


Fig. 1. Void entrapment metal model

인상을 채득하기 2일전에 맞춤 트레이를 제작하였다. 트레이는 1.0 mm의 인상재 공간을 부여한 후 균일하게 3.0 mm 후경을 가지도록 제작하였고 접착제는 인상을 채득하기 15~20분전에 발랐으며 3가지 시판 인상재별로 30개씩 인상을 채득하였다. 실온 ( $23 \pm 0.3^{\circ}\text{C}$ )에서 금속 주형을 자동 혼합형 주입기로 wash 점도의 인상을 채득하였다.

인상을 채득한 즉시 10개씩의 모형을 제작하였고, 인상을 채득한 지 10분 후와 1시간 후에도 10개씩의 모형을 제작하였다. 제조회사의 지시대로 혼수비를 맞추어 모형재를 30초간 425 RPM으로 진공

혼합한 후 10cc 1회용 주사기에 담아서 일정한 시작점부터 모형재를 주입하였다. 중간 속도로 진동하는 진동기 위에 인상체를 잘 잡고 90초간 균일한 속도로 인상체에 모형재를 주입한 후 1시간 동안 경화시킨 후 제거하였다.

입체현미경으로 90개의 인상체에 대한 모형재의 젖음성을 분석하였다. 인상체에 대한 재현 정도를 평가하여 각 구멍에서 1/2이하를 재현한 경우를 1점, 1/2이상 재현하였을 때를 2점, 완전하게 재현하였을 때를 3점으로 정하였으며 각 구멍에서의 실험 결과를 더하여 만점을 180점으로 하여 각 젖음성을 분석하였다.

열구재현정도는 이원분산분석법으로 인상재와 각 부위와의 상관관계가 있는지를 확인한 후 Scheffe 법으로 사후 검증하였다. 각 인상재의 기포 개수는 일원분산분석으로 각 군간의 차이가 있음을 확인한 후 Scheffe 방법으로 각 군간의 차이를 사후 검증하였으며 모형재에 대한 기포발생정도를 비교 분석하기 위해서 이원분산분석법으로 인상재와 시간 사이에 상관관계가 있는지를 확인한 후 Scheffe 법으로 사후 검증하였다. 각각의 통계적 분석은 유의수준 95%로 설정하여 진행하였다.

### III. 연구 성적 및 결과

#### 1. 임상 시험

임상적인 인상재의 젖음성 실험 결과 치은열구 재현정도와 기포생성정도는 통계적인 연관성은 없었으나 기포 개수가 많은 Imprint가 정량적으로 더 큰 수치로 열구를 재현하였다.

열구재현정도를 정량적으로 분석한 결과를 표2에 나타내었다. 습윤상태를 채득한 쪽이 반건조상태를 채득한 쪽보다 적게 열구를 재현해 내었으며 협설 측으로도 열구재현정도가 차이를 나타내어 협측이 설측보다 더 잘 재현하였다 ( $P=.001$ ). 그러나, 인상재와 채득부위 사이에는 상관관계가 발견되지 않았다 ( $P=.07$ ).

Table 2. Quantitative sulcus reproduction ability of impression materials (Mean  $\pm$  S.D)

	Sulcus reproduction (%)			Homeogenous subset*
	Semi-dry	Wet	Total	
Imprint	53.3 $\pm$ 16.5	37.5 $\pm$ 9.9	45.4 $\pm$ 15.6	A
Examix	35.0 $\pm$ 13.1	27.2 $\pm$ 9.4	31.1 $\pm$ 11.9	B
Perfect	31.7 $\pm$ 13.5	27.7 $\pm$ 10.0	29.7 $\pm$ 11.9	B

\*: Groups with the same letter were not significantly different ( $P > .05$ ).

인상체에 발생한 기포 수를 측정된 결과 그림2와 같았는데, 측정 피검자에 따른 통계적인 차이는 없었으며 ( $P=.742$ ), 재료에 따라 통계적으로 큰 차이를 나타내었는데 ( $P=.000$ ), 3M 제품의 Imprint가 가장 기포 발생이 많았으며 GC 제품의 Examix가 가장 기포 발생이 적었고 Perfect 군이 중간 정도의 기포를 발생하는 것으로 나타났다.

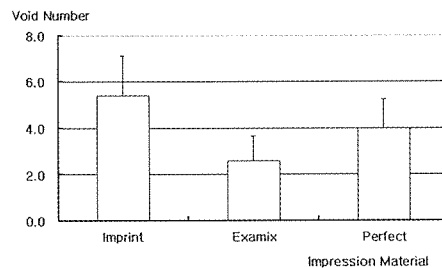


Fig. 2. Void production by direct examination.

#### 2. 기포함입시험

금속 주형에 대하여 각 인상재로 인상을 채득한 후 석고모형재를 붓는 시간에 따라 기포발생량을 측정된 결과를 그림 3에 나타내었다. 이원분산분석 결과, 인상재에 따라 시간별로 기포발생이 되는 양이 달랐으며 ( $P=.000$ ), 인상을 채득한 후 시간이 지날수록 기포가 발생되는 양이 작아졌다 ( $P=.000$  in Imprint,  $P=.002$  in Examix,  $P=.000$  in Perfect). Imprint와 Perfect는 인상을 채득한 지

10분 후부터 기포발생양이 작아졌으며 Examix는 인상을 채득한 직후와 10분 후가 통계적으로 유의한 차이를 보이지 않았다 ( $P=.43$ ). 시간에 관계없이 Perfect가 모형재에 가장 많은 기포를 유발하는 것으로 나타났다 ( $P=.000$ ).

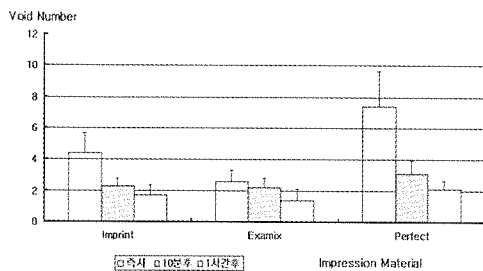


Fig. 3. Void production of die material on impression materials.

#### IV. 총괄 및 고찰

보철물을 구강 내에 정확하게 적합시키려면 치과용 인상재가 우수한 젖음성을 가져야 한다. 치과용 인상재 중 고정성 보철물 인상에 가장 널리 사용되고 있는 부가중합형 실리콘 인상재는 정확성과 체적안정성 등의 장점이 있지만 내재한 소수성 성질 때문에 젖음성이 부족하여 이를 개선시키려는 노력이 진행되어 왔다. 인상재에 계면활성제를 첨가하여 젖음성이 개선된 친수성 인상재가 사용되고는 있지만 항상 젖어 있고 타액 단백질로 덮여 있는 구강내 환경에서는 인상재가 변연을 완벽하게 재현하지 못하는 경우가 많다. 또한 인상재의 젖음성은 모형재의 접촉각을 결정하며, 기공실에서 모형재를 부을 때 기포가 함입되는 원인이 되고 결과적으로 모형에 기포가 나타나게 된다.<sup>8</sup>

본 실험에서는 실험실 실험과 임상시험 결과의 제한된 한계점을 극복하고 인상재 재료의 객관적인 비교를 위하여 임상시험과 모형실험을 병행함으로

써 부가중합 실리콘 인상재의 젖음성에 대한 포괄적인 이해를 시도하였다. 그러나 본 실험에서도 삭제하지 않은 치아를 대상으로 치은확장사를 넣지 않고 인상을 채득하였기 때문에 임상적 상황을 완벽하게 재현한 상태는 아니었으나 타액이나 삼출액이 치은열구를 채우고 있는 상태와 이를 air syringe로 건조시킨 상태로 나누어 실험하였다.

연구팀의 이전 실험 결과와 접촉각 비교를 통해 Imprint 제품은 건조가 완벽한 상태에서는 열구재 현성이 우수한 반면 접촉각이, 실험한 여타 인상재에 비하여 작아서 수분과 접촉하게 되면 기포가 발생하는 반면 Examix 제품은 열구재현성은 떨어지거나 수분과 접촉 시 기포 발생이 현저히 적은 결과를 나타내었다. 이에 같은 실리콘을 재료로 사용하는 Perfect 제품에서는 국내 시장에서 많이 사용되고 있는 Examix 제품과 유사하거나 더 우수한 물성을 가지는 국산 인상재를 개발하기 위해 많은 노력을 기울여 왔다.

인상재의 찢김 저항성과 미세부 재현성을 향상시키기 위하여 고강도 필러인 fumed silica를 도입하여 함량을 달리한 채로 찢김 강도를 측정된 결과 기존 외국산 인상재에 비하여 우수한 찢김 강도를 가지지만 선체적 변화율도 매우 낮은 수치를 보였다. 또한 친수성 물질을 인상재 내에 도입하기 위하여 nonylphenoxy ethanol homologues (NP), caster oil ethanol homologues (CO) 및 sodium perfluoroalkyl carboxylates (PC) 등의 계면활성제를 첨가하는 실험을 해 본 결과 경화시간을 지연시키지 않고 표면에너지의 시간 의존성이 낮은 NP 계열중 몰수가 4인 NP4를 첨가하는 것이 좋은 것으로 나타났다.<sup>9</sup> 또한, 이러한 첨가재료들은 기존 인상재에 비해서도 더 낮은 세포독성을 나타내었다.<sup>10</sup>

본 연구 결과 인상재에 발생한 기포 개수 및 열구재현 정도가 각각 Examix와 통계적으로 유사한 결과를 나타내었다. Imprint는 초기 실험한 Express (3M)에 비하여 기포 발생이 많이 개선되

었으나 열구재현정도는 오히려 감소되어 새로운 인상재가 이전의 Examix와 유사한 성질을 많이 함유하게 되었다. 그러나 본 연구 결과에서도 기포 개수는 통계적으로 다른 인상재보다 더 많았으며 열구재현정도는 더 우수하였다.

인상재의 변연재현성을 결정하는 요소에는 여러 가지가 있다. 가장 중요한 것이 젖음성이지만 인상재의 분자량, 충전재의 함유도, 흐름성 등이 관여할 수 있다. 인상재의 젖음성이 우수할 경우 치은열구재현성도 우수하며 기포도 적게 생길 것으로 예상할 수 있으나 오히려 치은열구 재현성이 우수한 Imprint 군에서 기포가 많이 생긴 것은 충전재가 많이 함유되어 분자량이 크고 흐름성이 좋아 세밀한 부위까지 잘 인기할 수 있기 때문에 임상적인 열구재현성이 우수한 것으로 사료된다.

인상재의 젖음성을 측정하는 방법으로는 접촉각을 측정하는 방법이 흔히 사용되었으나 이 방법으로는 유동성이 있는 인상재의 대상면에 대한 젖음성을 측정하는 것이 아니라 경화된 인상재 면에 물이나 다른 액체를 떨어뜨려 간접적으로 젖음성을 측정하는 것이므로 인상재 자체의 치면에 대한 젖음성으로 해석하기는 무리가 있으며 오히려 인상재에 대한 모형재의 젖음성으로 해석하는 것이 더 합리적인 것이다.<sup>11</sup>

인상재의 젖음성을 개선시키기 위하여 부가중합형 실리콘 인상재 자체에 계면활성제를 첨가시키는 외에도 인상체에 계면활성제를 도포할 수 있다.<sup>12</sup> 부가중합형 실리콘 인상재에 비이온계 계면활성제를 첨가하면 젖음성이 향상되고 모형 제작시 기포가 감소하는데 소수성 인상재에 비하여 친수성 인상재는 기포가 적게 발생하지만 계면활성제를 사용할 경우 모형재의 젖음성은 인상재의 종류에 영향을 받지 않는다고 한다.<sup>13</sup> 그러나 Panichuttra 등의 실험은 한 종류의 계면활성제만을 사용한 결과이므로 모든 계면활성제에 같은 결과를 적용시킬 수는 없다. 또 다른 계면활성제를 이용하여 기포 생성 정도를 평가한 연구에서는 계면활성제가 부가중합

형 실리콘 인상재의 젖음성을 증가시켰으나 다른 인상재에는 효과가 없다고 한다.<sup>14</sup>

인상재의 친수성과 다른 물성과의 상관관계를 보면 인상재의 표면조도는 친수성과 연관이 없지만, 소수성 인상재가 친수성 인상재에 비하여 정확성이 우수하다고 한다.<sup>15</sup> 그러나 그 차이가 임상적인 허용 한계 내에 있어 큰 차이를 나타내지 않으므로 가능한 젖음성이 우수한 인상재를 사용하고 다른 처치법을 통하여 기포가 적은 모형을 만드는 것이 우수한 보철물을 얻을 수 있는 방법이 될 것이다.

실리콘 인상재는 인상 채득 후 내부에서 발생하는 수소가스에 의해 모형재에 기포를 유발하게 된다. 제조회사에서는 성분을 밝히지 않는 다양한 소포제를 추가하여 수소가스를 제거하고자 노력하였으며 본 연구팀에서도 인열물성을 훼손시키지 않는 BYK-066을 사용하였다. 실리콘 소포제인 BYK-066은 diisobutylketone 용액에 용해시켜 사용하는 데, 매우 효과적이며 기포를 파괴할 수 있는 선택적인 비사용성과 비용해성을 가진다.<sup>16</sup> 그러나 이와 같은 노력에도 불구하고 인상재에 모형을 즉시 부은 Perfect 제품에서는 다른 여타 제품보다 상당히 많은 기포가 발생함을 알 수 있었으며 10분 정도만 기다렸다가 모형을 부었을 때도 기포의 개수가 현저히 적어짐을 알 수 있었다. 즉, 일반 임상에서 비가역성 수교성 인상재인 알지네이트에 익숙한 진료 보조자들이 실리콘 인상재에 모형재를 즉시 붓게 되면 기포가 함유된 모형을 얻게 되며 이는 국산 인상재에서 가장 컸다. 소포제를 함유시켰음에도 불구하고 이러한 결과를 얻은 이유로는 소포제의 반감기가 짧아 제조된 인상재가 임상에 사용되는 기간을 예측하기 어려운 현재의 상황하에서는 모형을 붓는 시간을 지연시키는 것이 가장 합리적인 것으로 사료된다.

본 연구에서의 결과를 종합하여 보면 신개발 국산 인상재의 젖음성은 인상체 내의 기포발생이 현저히 감소되었으며 열구재현성도 Examix와 유사한 것으로 나타나 젖음성이 초기 제품에 비하여 상

당히 개선되었으나 모형틀을 제작할 때에는 모형재를 붓는 시간을 지연해서 사용하는 것이 더 좋을 것으로 사료된다.

## V. 결론

본 연구는 3가지 부가중합형 실리콘 인상재의 젖음성을 비교하기 위하여 임상시험으로 치은열구 재현정도와 기포생성정도를 분석하고 모형재를 붓는 시간에 따른 기포발생 정도를 분석하여 다음과 같은 결과를 얻었다.

1. 임상적으로 나쁜 환경을 부여한 상태에서 인상

체에 생긴 기포는 Imprint, Examix, Perfect의 순으로 많았으며 Imprint는 수분을 만나면 기포가 발생되는 것으로 나타났다.

2. 열구재현정도는 Imprint가 가장 우수한 결과를 나타내었으며 Perfect와 Examix는 유사한 정도로 열구를 재현하였다.

3. 기포함입주형을 이용하여 인상재 종류와 시간에 따라 측정된 모형재에 생기는 기포의 개수는 인상재의 종류에 관계없이 시간에 따라 감소하였으며, 특히 Perfect 군에서는 즉시 모형틀을 제작하였을 때 많은 기포를 발생시켜 모형재를 붓는 시간을 지연시켜 사용해야 한다.

## 참고 문헌

- Chong YH, Soh G, Setchell DJ, Wickens JL. Relationship between contact angle of die stone on elastomeric impression materials and voids in stone casts. *Dent Mater* 1990;6:162-166.
- Norling BK, Reisbick MH. The effect of nonionic surfactants on bubble entrapment in elastomeric impression materials. *J Prosthet Dent* 1979;42:342-347.
- Pratten DH, Craig RG. Wettability of a hydrophilic addition silicone impression material. *J Prosthet Dent* 1989;61:197-202.
- 오영일, 한경아, 정경호, 김경남, 조리라. 실리콘 고무인상재 개발을 위한 기초연구. *엘라스토머* 2000;35(1):19-28.
- 조리라, 정경호, 김경남. 부가중합실리콘 인상재 및 모형재의 젖음성에 관한 비교연구. *대한치과보철학회지* 2000;38:191-199.
- 정경호, 강승경, 조리라. 치과용 고무인상재. *고분자과학기술* 2001; 12(4): 491-500.
- 조리라, 정경호, 김경남. 국산 친수성 부가중합 실리콘 인상재 및 모형재의 정확성에 관한 비교연구. *대한치과외과학회지*, 2000;38:757-764.
- Lorren RA, Salter DJ, Fairhurst CW. The contact angles of die stone on impression materials. *J Prosthet Dent* 1976;36:176-180.
- 김경남, 조리라, 오영일, 강승경, 정경호. 계면활성제와 소포제가 실리콘 고무인상재의 물성에 미치는 영향. *엘라스토머* 2001;36(2): 102-110.
- 조리라, 고성희, 정경호, 김경남. 첨가성분에 따른 부가중합 실리콘 인상재의 세포독성에 관한 연구. *대한치과기재학회지* 2001;28:1-10.
- Souheng Wu. *Polymer interface and adhesion*. Marcel Dekker, New York, pp.179~182, 1982.
- 국윤환, 이정민, 조순채, 여수동. 콜로이드와 계면활성제. *대광서림*. 256-263, 1993.
- Millar BJ, Dunne SM, Robinson PB. The effect of a surface wetting agent on void formation in impressions. *J Prosthet Dent* 1997;77:54-56.
- Panichuttra R, Jones RM, Goodacre C, Munoz CA, Moore BK. Hydrophilic poly(vinyl siloxane) impression materials: dimensional accuracy, wettability, and effect on gypsum hardness. *Int J Prosthodont* 1991;4:240-248.
- Takahashi H, Finger WJ. Dentin surface reproduction with hydrophilic and hydrophobic impression materials. *Dent Mater* 1991;7:197-201.
- 한국염색기술정보사. 신계면활성제 입문. 6판. 한국염색기술정보사. 190-199, 1992.