

## EPOXY RESIN의 정확도와 인상재와의 친화성에 관한 연구

서울대학교 치과대학 치과보철학교실, 성균관대학교 의과대학\*

장수경 · 장익태 · 임순호\*

### I. 서 론

대부분의 보철치료는 환자의 구강 상태를 구강 밖으로 재현하여 보철물을 제작하는 과정을 거치게 된다<sup>1,2)</sup>. 이때 납형을 제작하는 모형의 상태는 보철물의 성패를 좌우하는 중요한 요인이다. 따라서 궁극적인 임상의 성공은 이러한 재료들의 물리적, 기계적 성질에 의해 영향을 받는다 할 수 있다.

다이 재료로 가장 많이 사용되는 경석고 모형재는 가격이 저렴하고 사용방법이 간단하며 정확하다는 장점이 있는 반면, 부서지기 쉽고 마모가 잘 되며<sup>3,4)</sup> 미세표면 재현도가 낮다는 단점이 있다<sup>5,6)</sup>. 따라서 심미를 위해 이용하는 전부 도재관 제작시 마진부위의 마모나, 가늘고 긴 전치부 지대치의 경우에 한계점을 지니고 있다<sup>7,8)</sup>. 이런 경석고 모형재가 가지는 단점을 보완하기 위해 electroplated die나 에폭시 레진 등이 사용돼 왔다<sup>6,9-15)</sup>. 에폭시 레진은 마모 저항성이 크고 표면 재현력이 뛰어나다는<sup>6,7,9,16,17)</sup> 장점을 가지지만 중합시 수축으로 인해 정확도가 떨어지고 열에 불안정하다는 보고도 있다<sup>5,16,18)</sup>. 또한 점성이 크고 원심 주조로 모형을 제작해야 하는 등의 조작상의 어려움도 있다.

Moser등<sup>5)</sup>은 에폭시 레진의 성질을 경석고 모형재에 비교해 본 결과 압축 강도, 마모 저항력, 표면 재현도가 경석고보다 뛰어나지만, 표면 경도는 경석고 모형재가 뛰어났음을 관찰하였고, 반면 Vermilyea등<sup>17)</sup>은 표면 경도, 인장 강도가 레진이 우수하다고 하였고, Nomura등<sup>18)</sup>은 레진의 경우 경석고와 비슷한

정도의 표면 재현력을 보이지만 수축하는 양상과 표면 경도에 있어 경석고보다 약하다는 상반된 결과를 보고하였다.

Cast와 다이의 선택은 몇 가지 요소에 의해 결정된다<sup>19,20)</sup>. 그 중 가장 중요하게 고려되는 모형재의 정확도에 관한 연구는 다양하게 행해져 왔다<sup>20-26)</sup>. 경석고 모형재는 일반적으로 경화 팽창이 0.01~0.1%로 보고되었다<sup>7,11,27)</sup>. 이러한 소량의 팽창은 급속의 수축, 납형의 변형, 또한 주조 과정의 오차를 보상하는 면에서 오히려 유리하다는 주장도 있다. Bailey등<sup>12)</sup>에 따르면 silver-plated die, 에폭시 레진, 경석고 모형재의 정확도 측정에 있어 경석고 모형재의 경우 가장 큰 측정상의 변화도를 보였으며 silver-plated die가 가장 작은 변화도를 보였으나, 3가지 모형재 사이에는 큰 차이가 없었다고 보고하였다. 에폭시 레진의 경우, Aiach등<sup>13)</sup>은 모형의 수축을, Chaffee등<sup>28)</sup>은 임상적으로 허용할 만한 변형률을 보였다고 하였다.

정확성의 문제 외에 모형 제작에 중요시되는 성질이 인상재와의 친화성 문제이다. 인상재와의 부적절한 젖음성(wetting)으로 모형상에 크고 작은 기포가 생길 수 있다. 레진과 인상재와의 친화성에 관한 연구는 많지 않다<sup>13,29)</sup>. Moser<sup>5)</sup>는 대부분의 인상재와 레진 재료가 친화성을 가진다고 하였고, Aiach등<sup>13)</sup>은 레진이 재료에 따라 폴리이써와 부가중합형 실리콘과는 뛰어난 미세 재현도를 나타냈지만 부가중합형 실리콘을 이용한 경우 기포를 관찰했다고 보고하였다.

에폭시 레진의 정확도에 관한 지금까지의 연구는 주로 단일 금관을 이용한 실험이 많았고 그 견해가 일치하지 않았으며, 친화성을 평가하는 방법으로는 미세 표면 재현도를 주로 선택하였다<sup>30,31)</sup>. 이러한 표면 재현도는 인상재에 의한 영향이 개재되기 때문에<sup>32,33)</sup> 정확한 다이 재료의 친화성을 객관적으로 평가하는데 무리가 있었다. 따라서 본 연구에서는 현재 사용되는 에폭시 레진을 이용하여 3 unit 고정성 보철물 형태의 주모형을 재현하는 정확도를 비교하였고, 접촉각을 측정함으로써 인상재와의 친화력을 평가하여 에폭시 레진의 물리적 성질에 대해 연구하였다.

## II. 연구재료 및 방법

### 1. 체적 안정성(Dimensional accuracy)

#### 1) 주모형 제작

주모형은 두 개의 치아를 지대치로 하는 3 unit 고

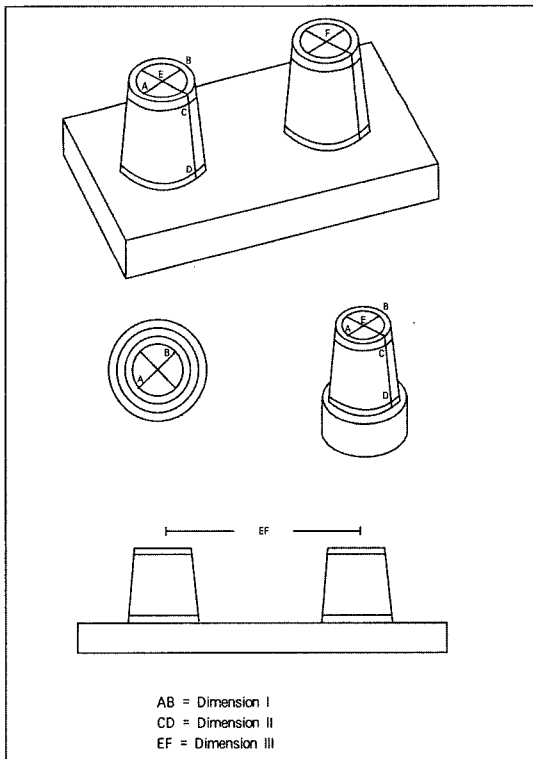


Fig. 1. Schematic drawing of master cast with measurement point.

정성 보철물 형태로 stainless-steel로 제작하였다. 각각의 지대치는 Bailey<sup>12)</sup>가 설정한 모형을 변형시킨 형태로 정밀가공 하였다.

교합면에 두개의 수직선으로 중심을 표시하고 교합면의 끝에서 1mm 떨어진 곳에 원을 표시하여 수직선과 이 원에 의해 생긴 4개의 점을 교합면에서의 기준점으로 설정하였으며 다이의 장축을 따라 선을 긋고 기저부와 교합면에서 1mm 떨어진 곳에 각각 원을 표시하여 만나는 점을 인접면 (axial wall)에서의 기준점으로 설정하였다. 교합면의 기준점간의 거리(occlusal diameter) AB를 Dimension I, 교합면-치경부간 높이(occluso-gingival height) CD를 Dimension II, 두 교합면의 중심 사이의 거리(inter-abutment distance) EF를 Dimension III로 명명하고 각 위치에서 측정값을 Table 1과 같이 얻었다 (Fig. 1, 2).

#### 2) 실험군

실험을 위하여 인상을 채득하기 하루 전에 레진

Table 1. Description of locations measured and corresponding means for master model

Location NO.	Die location	Mean(mm)
Dimension I	Occlusal diameter	6.885
Dimension II	Occluso-gingival height	8.966
Dimension III	Inter-abutment distance	29.867

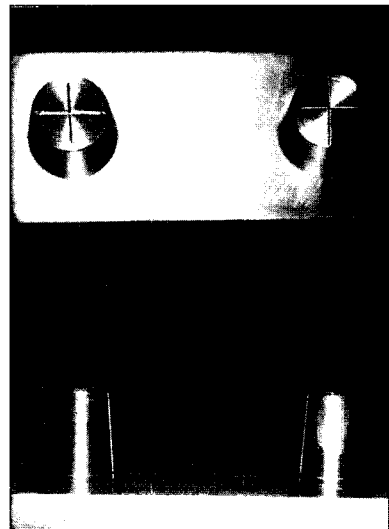


Fig. 2. Stainless steel master cast.

Table 2. Die materials tested

Materials	Manufacturers	Ratio
Fujirock	GC Company. Tokyo, Japan	20/100(ml/g) ; water/ powder
ADS die epoxy	American dental supp. Inc. USA	6:1 (vol.) ; base/ hardener
Tri-epoxy die	TRI-DYNAMICS. USA	6:1 (vol.) ; base/ hardener

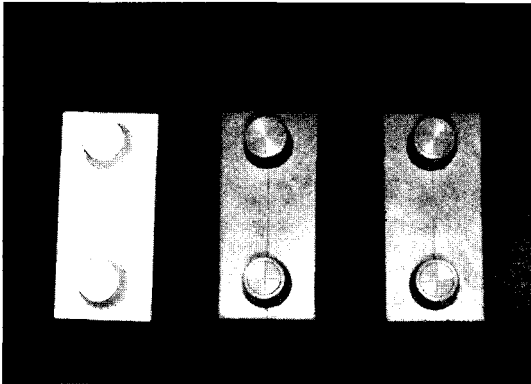


Fig. 3. Improved dental stone die specimen (left) and epoxy resin die specimens (middle and right).

(SR-Ivolen, Ivoclar, Germany)으로 인상체의 두께가 균일하게 3mm가 되도록 주모형을 soft wax로 처리한 후 주형(template)을 제작하여 맞춤 트레이를 제작하였다. 인상체의 유지를 위해 제조자가 추천하는 트레이 접착제를 트레이에 1시간 전에 미리 발라둔 후 부가중합형 실리콘 인상재(Examix, GC)로 주사기를 이용하여 인상을 채득하였다. 주모형을 인상체에서 제거한 후 1시간 실온에서(25±0.3 ℃, 습도 60±10 %) 경화시킨 후 모형재를 주입하였다. Table 2와 같은 다이 재료를 이용하여 3군으로 분류하여 각 실험군당 10개씩의 모형을 제작하였다.

1 군은 대조군으로 초경석고 (Fujirock, GC)를 이용하여 제조자가 추천하는 바에 따라 혼수비를 20 ml / 100 g으로 먼저 10초간 손으로 섞은 후 40초간 진공 압력하에서(70 mmHg) 혼합하여 vibrator를 이용하여 인상체에 주입하였고 실온에서 한시간 경화시킨 후 인상체에서 분리하였다. 2 군은 에폭시 레진 다이인 ADS die epoxy (American dental supply Inc.)로 제조자가 추천하는 사용법에 따라 6 : 1의 부피비 (무게비 9 : 1)로 레진 기저제와 경화제를 섞었다. 미리 레진 기저제를 100 ℉ (38 ℃)에서 예열한 후 경화제를 첨가하고 균일한 형태가 되도록 45초간

철저히 혼합하였다. 인상체 내에 미리 레진을 바른 후 기포가 생기지 않게 5 inch 높이에서 부어 95-100℉ (35 - 38℃)에서 4시간동안 경화시킨 후 모형을 인상체에서 제거하였다. 3 군은 다른 회사의 에폭시 레진인 Tri-epoxy die material (Tri-Dynamics)로 2군에서와 같은 방법으로 모형을 제작하였다. 이때도 역시 부피비와 무게비는 동일하였다(Fig. 3).

모든 모형은 0.001mm의 정확도를 가지는 High somat microscope (Samsung, Seoul, Korea)으로 측정했다. 또한 각각의 평균치와 상대 변형을 (Percent relative change)을 다음의 공식에 의하여 계산하였다.

Percent relative change =

$$\frac{\text{dimension } i_{\text{sample}} - \text{dimension } i_{\text{master die}}}{\text{dimension } i_{\text{master die}}} \times 100$$

( i : dimension number )

각 결과는 Analysis of variance (ANOVA) test에 따라 분석하였고 모든 가정은 Experimental-wise error level (alpha) 0.05로 Turkey test와 Duncan test를 이용하여 실험군간 다중비교 방식으로 집단간의 유의차를 분석하였다.

## 2. 접촉각 측정

에폭시 레진과 여러 종류의 인상재와의 친화도를 평가하기 위하여 접촉각을 측정하였다(Fig. 4).

폴리설파이드, 부가중합형 실리콘, 폴리이썬을 깨끗한 스파틀라와 방수혼합기를 이용하여 실온에서(25±0.3℃, 60±10%) 기저제와 촉진제를 같은 길이로 혼합한 후 아크릴릭판과 유리판을 이용하여 각각의 인상체를 7.5 × 2.2 × 0.5cm의 크기로 블록을 제작하여 1시간동안 경화시켰다(Table 3). 각 인상체 블록에 체적 안정성 실험에서 사용한 에폭시 레진과 경석고 모형재 0.05ml씩을 떨어뜨려 10개씩의 시편을 제작하였는데 이때 autopipette (Gilson,

Table 3. Impression materials evaluated

Impression materials	Viscosity	Code	Product	Manufacturer
Additional silicone	low	AS	Exaflex	GC dental Co. Tokyo, Japan
Polyether	medium	PE	Impregum F	ESPE, W. Germany
Polysulfide	low	PS	Permlastic	Kerr Mfg. Co. Romulus, MI, U.S.A.

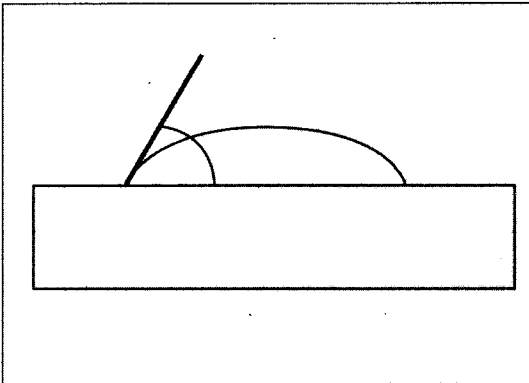


Fig. 4. Contact angle.

Pipetman)을 이용하여 동량으로 정량하였다. 경석고 모형재의 혼수비는 25ml / 100g이었고 레진의 혼합비는 체적 안정성 실험에서와 동일하였다. 4시간 후 다이 재료가 경화한 후 Image-Pro plus (Media cybernetics, U.S.A.)라는 컴퓨터 시스템을 이용하여 접촉각을 측정하였다.

통계적 검증을 위해 Analysis of variance (ANOVA) test를 95% confidence로 시행하였다. Turkey test와 Duncan test를 이용하여 실험군간 다중비교 방식으로 집단간의 유의차를 분석하였다.

### III. 연구 결과

#### 1. 체적 안정성 비교

각 측정 위치와 다이 재료에 따른 측정값의 평균과 상대 변형률은 Table 4와 같았다.

Dimension I에서는 0.01% 정도의 경석고 모형재의 팽창과 미세한 레진 재료의 수축을 보였고, Dimension II에서는 경석고 모형재의 팽창, Die-

epoxy의 수축, Tri-epoxy의 아주 소량의 팽창을 나타냈다. Dimension III에서는 경석고 모형재와 Die-epoxy의 수축, Tri-epoxy의 아주 소량의 팽창을 보였다. ANOVA test 결과로는 Dimension I과 II에서는 통계학적 상관관계를 보였으나( $p < 0.05$ ), Dimension III에서는 상관관계가 없는 것으로 나타났다( $p > 0.05$ ) (Fig. 5, Table 5).

재료별로 살펴보면 경석고 모형재의 경우 -0.0012 ~ -0.0105%, Die-epoxy와 Tri-epoxy의 경우 각각 -0.0024 ~ -0.0018 %, -0.0035 ~ 0.0003 %의 변형률을 보였다. Die-epoxy의 경우는 위치별로 상관 관계가 없는 비슷한 변형률을 보였으나( $p > 0.05$ ) 경석고 모형재는 Dimension I에서 큰 변형률을 보였으며 Tri-epoxy에서도 Dimension I에서 측정 위치별로 통계학적 차이를 나타냈다( $p < 0.05$ ) (Fig. 5, Table 6).

#### 2. 접촉각 측정

인상재에 대한 모형재의 접촉각의 평균값은 Table 7과 같았다. Fig. 6에서 보는 바와같이 폴리설파이드 인상재에 대한 경석고 모형재의 접촉각이 가장 큰 값을 보였으며 다른 재료는 45° ~ 70° 사이의 측정값을 나타냈다.

각 재료별로 살펴보면 경석고 모형재의 경우 폴리설파이드, 부가중합형 실리콘, 폴리이써 인상재 순으로 작아지는 접촉각을 보였으며 Die-epoxy는 부가중합형 실리콘에서 가장 큰 접촉각을 나타냈고 다음으로 폴리이써, 폴리설파이드 순이었고, Tri-epoxy의 경우는 부가중합형 실리콘, 폴리설파이드, 폴리이써 순으로 접촉각이 작아졌다. ANOVA test의 결과로는 경석고 모형재의 경우 통계학적 차이를 보였으나( $p < 0.05$ ), 레진의 경우 부가중합형 실리콘은 다른 두

Table 4. Statistical summaries of measurement values (mm) and percent relative changes for the epoxy resin and stone die groups

Group model	N	Dimension	Measurement value	% Relative change
Stone	10	I	6.957±0.0367	0.0105±0.0053
		II	8.986±0.0261	0.0023±0.0029
		III	29.832±0.0406	-0.0012±0.0014
Die-epoxy	10	I	6.872±0.0193	-0.0020±0.0028
		II	8.944±0.0242	-0.0024±0.0027
		III	29.812±0.0941	-0.0018±0.0032
Tri-epoxy	10	I	6.861±0.0164	-0.0035±0.0024
		II	8.968±0.0227	0.0003±0.0025
		III	29.876±0.0474	0.0003±0.0016

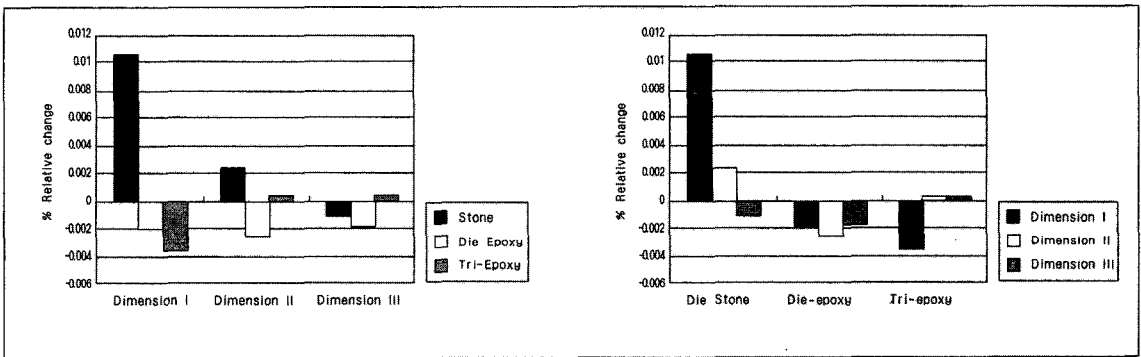


Fig. 5. Percent relative change.

Table 5. Results of ANOVA test in dimensional stability of each dimension (Alpha=0.05)

Group model	N	Dimension	Measurement value	% Relative change
Dimension I		Materials	Grouping	R square
		Die stone	A	0.757136
		Die-epoxy	B	
Dimension II		Tri-epoxy	B	
		Die stone	A	0.354652
		Tri-epoxy	A	
Dimension III		Die-epoxy	B	0.0027
		Tri-epoxy	A	0.155341
		Die stone	A	0.1024
		Die-epoxy	A	

The same letters are not significantly different at 0.05 level.

인상재와 유의성이 있었고 폴리이썬과 폴리셀파이드 사이에는 상관 관계가 없는 것으로 나타났다

(p)0.05) (Fig. 7, Table 8).

Table 6. Results of ANOVA test in dimensional stability of each material (Alpha=0.05)

Materials	Dimension	Grouping	R square	Pr>F
Die stone	Dimension I	A	0.673623	0.0001
	Dimension II	B		
	Dimension III	B		
Die-epoxy	Dimension I	A	0.007909	0.8984
	Dimension II	A		
	Dimension III	A		
Tri-epoxy	Dimension I	A	0.419160	0.0007
	Dimension II	B		
	Dimension III	B		

The same letters are not significantly different at 0.05 level.

Table 7. Mean contact angle of die materials (°)

		Die stone	Die-epoxy	Tri-epoxy
Additional silicone	Mean	66.6988	67.6850	53.3344
	SD	2.07791	2.58573	2.43682
Polyether	Mean	62.2935	54.8239	48.1067
	SD	2.83749	5.00444	2.95203
Polysulfide	Mean	83.6024	53.1375	48.4766
	SD	2.49298	2.88109	3.13267

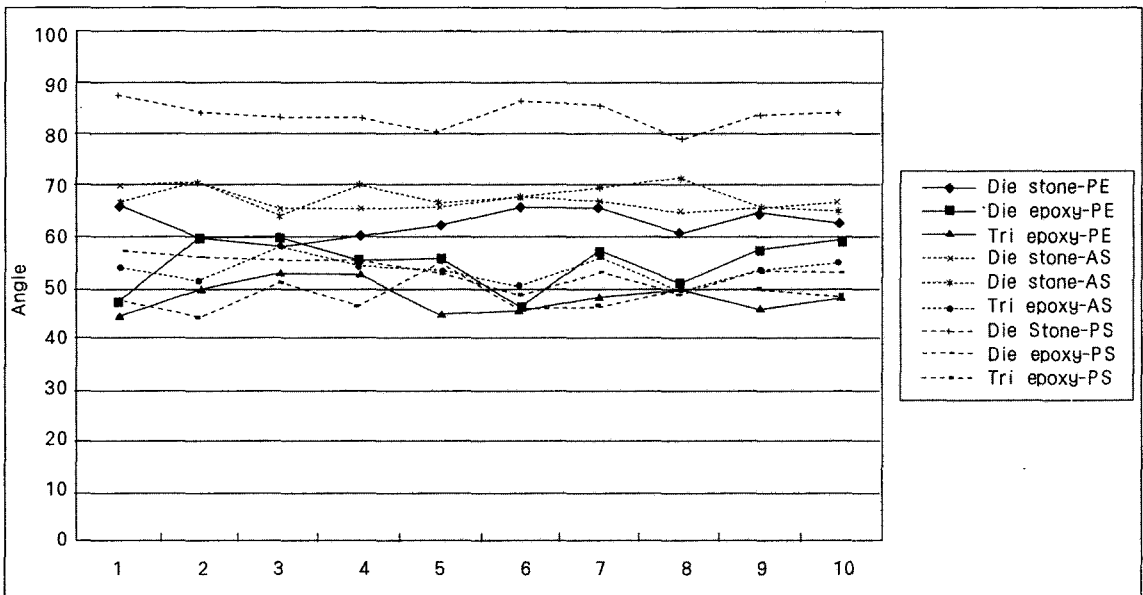


Fig. 6. Contact angle.  
PE:polyether, AS:additional silicone, PS:polysulfide.

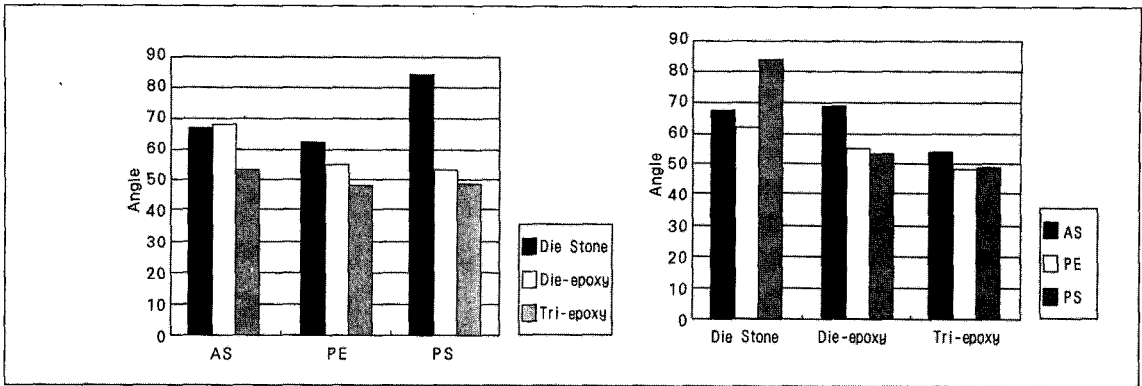


Fig. 7. Mean contact angle of each material.

Table 8. Results of ANOVA test in contact angle (Alpha=0.05)

Materials 1	Materials 2	Grouping	R square	Pr>F
Die stone	Polysulfide	A	0.938019	0.0001
	Add. silicone	B		
	Polyether	C		
Die-epoxy	Add. silicone	A	0.778501	0.0001
	Polyether	B		
	Polysulfide	B		
Tri-epoxy	Add. silicone	A	0.435979	0.0001
	Polysulfide	B		
	Polyether	B		
Polyether	Die stone	A	0.728024	0.0001
	Die-epoxy	B		
	Tri-epoxy	C		
Additional silicone	Die-epoxy	A	0.893892	0.0001
	Die stone	A		
	Tri-epoxy	B		
Polysulfide	Die stone	A	0.970796	0.0001
	Die-epoxy	B		
	Tri-epoxy	C		

The same letters are not significantly different at 0.05 level.

#### IV. 총괄 및 고안

Toreskog등<sup>11)</sup>은 여러 가지 다이 재료를 비교한 결과 어느 재료도 다른 재료보다 더 뛰어나지 않았음을 보고하였고 아직까지 이상적인 모형체는 없다고 하였다<sup>34)</sup>. 따라서 다이 재료의 선택은 술자의 선호도와 각 재료의 장단점에 대한 평가에 의존하게 된다. 에폭시 레진 다이 재료가 임상적으로 이용되기 위하여는 그 물리적 성질이 요구조건을 충족시켜야 한

다. 다이 재료로서 레진의 사용에 있어 가장 논란이 되는 문제는 중합시의 수축과 모형 제작상의 어려움이다.<sup>5,12,17,35)</sup>

본 연구에서는 Bailey<sup>12)</sup>가 사용한 경사진 지대치의 모형을 본떠 고정성 가공 의치의 형태로 변형하여 실험하였다. 인상 채득시 일정한 두께의 relief 공간을 형성하고 똑같은 위치에 트레이를 위치시킴으로써 인상에 의한 오차를 줄이기 위하여 노력하였다<sup>36)</sup>. 제조회사에 따르면 에폭시 레진은 0.05%의 수축, 경

석고 모형재는 0.09%의 팽창을 보고하였으나, 실험군에서의 결과는 레진의 경우 -0.003%에서 0.0003%, 경석고의 경우 -0.001%에서 0.01%의 상대 변형률을 나타냈다. 사용한 다이 재료와 측정하는 위치에 따라 정확도의 차이(dimensional variation)를 보였는데 이러한 차이는 Tri-epoxy가 가장 적었고 Die-epoxy, die stone 순으로 커졌다. 각 위치별로는 교합면상의 거리(Dimension I)에서 경석고 모형재의 팽창과 에폭시 레진의 수축을, 교합면-치경부간 높이(Dimension II)에서는 경석고의 팽창과 레진의 수축, 또는 약간의 팽창을, 지대치간 거리(Dimension III)에서는 통계학적 차이가 없었다. 경석고 모형재의 팽창하려는 경향과 경석고에 비해 레진은 수축하려는 경향을 지남을 관찰할 수 있었으나 주모형과의 차이는 오히려 레진의 경우 더 작은 차이를 나타냄을 알 수 있었다.

본 실험에서 한가지 특기할만한 사실은 두 지대치간 거리에서 재료에 따른 차이가 크지 않았는데 이 사실은 다수 치아 수복을 위한 고정성 가공 의치의 경우 레진의 사용 가능성을 시사하는 것이다. 인상재는 중합하는 동안 트레이 쪽으로 수축하게 된다. 따라서 지름은 더욱 커지게 되고 양 지대치간 중간 지점이 변화가 가장 적은 부분이 된다<sup>37)</sup>. 이와 같은 이유로 두 지대치간 거리의 변화량은 최소가 된다. 이러한 위치에 따른 인상재의 변화량은 -0.03~0.05% 정도이다<sup>38)</sup>. Toreskog등<sup>11)</sup>은 경석고 모형재의 경우 진동시 수분이 표면으로 올라가며 교합면 쪽보다 기저부 쪽에서 경화가 더 느리게 되고 교합면의 혼수비(W/P ratio)가 감소하기 때문에 팽창한다고 하였다. 이렇듯 위치에 따라 경화시간의 변화와 조성의 차이가 생기기 때문에 변화량의 차이가 나타날 수 있다.

경석고 모형재의 팽창과는 달리 레진에서는 수축하려는 경향을 보이므로 다이 경화제(die hardener)나 주조시의 팽창률을 조절하는 방법을 이용한 보상이 필요하리라 생각된다. 지금까지 이러한 문제를 해결하기 위하여 기저제와 경화제의 비율을 변화시키거나 특별한 열처리 과정 등을 통해 정확성을 조절하기 위한 노력들이 이루어져 왔는데 Campbell등<sup>38)</sup>은 열처리에 의해 150℃ 정도에서 에폭시 레진의 선팽창계수는 경석고 모형재와 비슷하다고 하였다. 그러나 최근 개발된 재료는 특별한 열처리를 요구하

지는 않는다.

측정값의 오차는 재료의 문제로, 제조일, 저장상태, 저장기간과 같은 변화들에 의해 나타날 수 있으며 측정상의 시각적 오차, 기준점의 확대상에 의한 오차도 존재할 수 있다<sup>17)</sup>.

본 실험 결과에서 각 위치에 따라, 각 재료에 따라 통계학적 차이를 나타냈다( $p < 0.05$ ). 그러나 실험 결과에 의한 다이 재료의 총 변형량은 0.0003~0.01%였는데 이는 수치적으로 0.3~0.7 $\mu$ m 정도로 임상적으로 고정성 가공 의치 제작시 보철물의 부정확성을 초래할만한 큰 차이는 아님을 알 수 있었다. 미국 치과의사 협회 규격 제 25호에서 요구하는 초경석고의 팽창량은 0.0~0.1%까지이며<sup>39)</sup> 실험 결과는 이보다 작은 수치였다. 이상과 같이 각 측정 위치와 사용 재료에 따른 정확도의 차이는 임상적으로 수용할 만하였다<sup>28,40)</sup>.

경석고 모형재나 에폭시 레진 대신 electroplated die가 이용되기도 하는데 이는 은이나 구리를 인상재에 도포시키는 방법으로 이 경우 폴리설퍼이드나 촉중합형 실리콘 인상재를 사용한 경우에 경석고보다는 덜 정확하다는 보고가 있다<sup>10)</sup>. electroplated die를 사용한 경우 Toreskog등<sup>11)</sup>은 silver-plated die가 0.2% 만큼 수축한다고 하였고 반면 Conney<sup>41)</sup>는 팽창한다고 보고하였다. 이것은 아마도 인상재의 정확도에서 기인한 것으로 보여진다.

본 연구 결과 에폭시 레진 역시 경석고 모형재 만큼의 정확도로 주모형을 재현해내며 흔히 생각되듯이 에폭시 레진 모형재의 수축에 의한 차이가 임상적으로 중요하지 않다는 것을 알 수 있었다.

레진을 사용할 때 모형 제작이 어렵고 기포가 잘 생긴다는 조작상의 어려움이 보고되어져 왔다. 인상재와 레진의 친화성의 문제는 Aiash<sup>13)</sup>와 Moser등<sup>5)</sup>이 표면 재현도를 측정함으로써 친화성에 문제가 없음을 연구한 바 있지만, 반면 Toreskog등<sup>11)</sup>은 비슷한 방법을 이용하여 에폭시 레진과 인상재간에 친화성이 아주 나쁘다는 결과를 보고하였다. 실질적으로 모형 제작시 관여하는 문제는 표면 재현도보다는 인상재와의 젖음성과 다이 재료의 점성의 차이에서 기인하는 경우가 많다. 따라서 본 실험에서는 접촉각을 측정함으로써 친화성을 연구하였는데 이 방법은 경석고 모형재를 이용한 친화성 연구에 사용되기도 했었다<sup>42-46)</sup>.



본 실험 결과, 경석고 모형재에서 폴리이써, 친수성 부가중합형 실리콘, 폴리설파이드 순으로 접촉각이 크게 나타났는데 이 결과는 같은 방법을 이용한 Pratten<sup>47)</sup>의 결과와 유사했다. 그러나 레진의 경우는 폴리설파이드와 폴리이써가 비슷한 접촉각을, 친수성 부가중합형 실리콘은 큰 접촉각을 보임을 알 수 있었다. 인상재 중 Permlastic은 레진과 부착하려는 경향을 보이는 반면 부가중합형 실리콘은 기포를 보이는 등 친화성이 저하된 양상을 보였다<sup>17)</sup>.

접촉각이 커질수록 젖음성(wettability)은 작아지며 모형 제작시 기포의 생성 가능성은 커진다<sup>42)</sup>. Lorren<sup>42)</sup>은 경석고 모형재와 인상재간의 진행성 접촉각을 측정함으로써 모형 제작시 기포 생성 가능성을 평가하였다. 결과적으로 여러 가지 탄성 인상재중 실리콘과 경석고 모형재 간에는 큰 측정값을 가지며 따라서 기포가 생길 가능성이 많다고 한 반면 Pratten<sup>47)</sup>은 친수성 부가중합형 실리콘 인상재와 폴리이써는 작은 접촉각을 보인 반면 폴리설파이드나 소수성 부가중합형 실리콘은 큰 접촉각을 보였고 접촉각과 구조성간에는 반비례 관계가 있다고 보고하였다. 예전의 부가중합형 실리콘의 경우는 소수성(hydrophobic)이 강해 큰 접촉각을 보였던 반면 최근에 이용되는 친수성 부가중합형 실리콘은 폴리이써와 비슷한 접촉각을 보였다<sup>47)</sup>. Lorren과 Pratten의 연구 결과의 차이는 이런 이유에서 기인한 것으로 보여진다. 표면활성제(surfactant)를 이용하여 접촉면의 표면장력을 감소시킴으로써 젖음성을 증가시킬 수 있지만<sup>43)</sup>, 아직까지 이러한 표면활성제가 정확도나 다른 성질에 미치는 효과는 명백히 밝혀진 바 없다.

떨어뜨리는 물방울의 크기와 혼수비에 의해서도 접촉각은 영향을 받게 되는데 이러한 영향을 배제하기 위하여 같은 크기의 방울이 되도록 하여야 했다. 액체를 떨어뜨린 후 시간에 따라 접촉각이 감소하는 경향을 보이는데 Brukl<sup>46)</sup>은 이러한 변화는 처음 2분이 가장 크다고 하였다. 본 실험에서는 레진의 경화를 위해, 떨어뜨린 후 4시간 후에 접촉각을 측정하였다.

그러나 이러한 접촉각 외에 다이 재료의 점성 차이에 의해서도 영향을 받기 때문에<sup>48)</sup> 흐름도가 나쁜 레진이 모형 제작시 더 주의를 요하게 된다. 또 한가지 고려할 사항은 에폭시 레진의 경우 경화시간이 길기 때문에 시간에 따른 인상재의 안정성에 따라

모형의 정확성이 변화할 수 있다는 것이다. 따라서 폴리이써와 부가중합형 실리콘 사용시 인상재의 안정성 때문에 가장 정확한 모형을 얻을 수 있지만<sup>49)</sup>, 폴리설파이드나 하이드로 콜로이드 인상재의 경우는 모형의 변형을 초래할 수 있다<sup>13)</sup>. 따라서 인상재와 다이 재료의 상관 관계에 따른 정확도의 연구가 앞으로 더 필요하리라 사료된다.

본 실험 결과에서 에폭시 레진의 인상재와의 접촉각은 경석고 모형재에 비해 작은값을 나타냈다.

이상의 결과에서 에폭시 레진을 성공적인 보철물 제작을 위한 경석고 모형재의 대체재료로 사용할 수 있다고 사료된다.

## V. 결 론

3 unit 고정성 보철물 형태의 주모형과, 경석고 모형재, 2개의 에폭시 레진 재료를 이용하여 제작한 모형을 비교하여 그 정확도를 측정 한 실험과, 폴리이써, 친수성 부가중합형 실리콘, 폴리설파이드로 제작된 블록에 경석고 모형재, 2개의 레진 재료를 떨어뜨려 그 접촉각을 측정 한 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 교합면상의 거리(Dimension I)에서는 석고 모형재의 팽창, 에폭시 레진의 수축을 관찰할 수 있었으나, 교합면-치경부간 높이(Dimension II)에서는 경석고 모형재와 Tri-epoxy는 팽창을, Die-epoxy는 수축을 나타냈으며, 지대치간 거리(Dimension III)에서는 재료간 통계학적 차이가 없었다( $p>0.05$ ).
2. 상대 변형률은 Tri-epoxy가 가장 적은 값을, Die-epoxy가 그 다음, 경석고 모형재에서 가장 큰 차이를 나타냈다.
3. 경석고 모형재는 폴리이써, 친수성 부가중합형 실리콘, 폴리설파이드 순으로 친화성이 작아짐을 보인 반면 레진은 폴리이써와 폴리설파이드, 친수성 부가중합형 실리콘 순으로 친화성이 작아짐을 보였다. 폴리이써와 폴리설파이드 간에는 통계학적 차이가 없었다( $p>0.05$ ).
4. 접촉각은 각 인상체에서 Tri-epoxy, Die-epoxy, 경석고 모형재 순으로 커졌다. 각 모형재의 인상재에 대한 접촉각은 통계학적 차이가 있었다( $p<0.05$ ).