

탄성 고무인상재의 접촉각이 작업모형 표면에 미치는 영향

김주원[†]

서라벌대학 치위생과

Study on the Effect of Contact Angles of Elastic Rubber Impression Materials on the Surface of Working Cast

Joo-Won Kim[†]

Department of dental hygiene, Sorbol College, Gyeongju-city 780-711, Korea

Abstract This study was begun to search effect of contact angles of elastic rubber impression materials on the surface of working cast. Of elastic rubber impression materials with a Type III consistency, such as polysulfide, polyether and addition silicone, we selected one and then measured the contact angle after dripping a distilled water 3.3ml. Then, after pouring a dental anhydrite in three types of impression materials, we prepared a working cast and then examined its surface. Contact angle was measured using a full automatic contact angle measuring system (DM-700, KYOWA, Japan), and the surface of working cast was observed using a field emission scanning electron microscope (JSM-6700F, JEOL Ltd., JAPAN). The following results were obtained: 1) Mean±SD (SD: standard deviation) of the initial contact angles were 91.3±20.5° in the addition silicone materials, 90.0±2.2° in the polyethers and 101.5±2.3° in the polysulfides. These results indicate that mean values were similar but standard deviations of the three materials showed a great discrepancy. 2) As the time elapsed, addition silicone materials were found to have a contact angle decreased abruptly as compared with the remaining two types. That is, the initial contact angle was 91.3° and it was abruptly decreased to 29.4° after 25 seconds. 3) In the polyethers, the initial contact angle was 101.5° and it was decreased to 90.7° after 25 seconds. In the polysulfides, however, the initial contact angle was 90.0° and it was 84.2° after 25 seconds. This showed almost no changes in the initial contact angles. Moreover, its magnitude was greater than that seen in additional silicones. 4) There were significant differences in the contact angles between the three types of elastic rubber impression materials as the time elapsed ($p<0.001$). On an observation on the surface of working cast, addition silicone materials were found to have the most dense surface. This was followed by polysulfides and polyethers in a descending order.

Key words Addition silicone, Contact angle, Polyether, Polysulfide, Impression materials, Working cast

서 론

치과보철물의 우수성을 나타내는 요소 중 하나는 보철물의 변연이 구강조직과 얼마나 적합하고 있느냐 하는 것이다. 이를 위한 첫 번째 단계가 구강 내 상태를 복제하여 음형의 인기를 얻는 것이며 탄성 인상재인 알지네이터와 고무인상재를 많이 사용하며 이에 대한 선현들의 많은 연구가 있어 왔다¹⁻²⁵⁾.

탄성인상재는 수교성 인상재와 고무 인상재로 분류되는데 수교성 인상재는 물을 쉽게 흡수 또는 방출하므로 체적 안정성이 떨어지는 단점이 있다⁴⁻⁶⁾.

고무 인상재는 ADA(american dental association) 세부

규정(specifications) No. 19에서 비수교성 탄성인상재로 분류되고⁷⁾, 화학적으로 폴리설파이드(polysulfide), 폴리이써(polyether), 부가중합형 실리콘(addition silicone), 축합중합형 실리콘(condensation silicone)으로 구분되지만, 체적 안정성이 가장 떨어지는 축합중합형 실리콘(condensation silicone)은 임상에서 거의 사용하지 않는다.

또한 폴리이써가 폴리설파이드와 부가중합형 실리콘보다 안정성이 우수한 것으로 보고되고 있다⁸⁻¹⁰⁾. 최근에는 부가중합형 실리콘은 폴리이써 인상재와 유사한 체적 안정성과 다양한 점조도를 나타내는 제품이 공급되고 있다.

탄성 고무 인상재에 관한 연구로는 인상채득 후 다이(die)에서의 적합도^{11,12)}, 시간 경과에 따른 체적 안정성¹³⁾, 트레이 종류에 따른 변화^{14,15)}, 인상재 두께가 정확도에 미치는 영향^{16,17)}, 인상채 소독 후의 체적변화^{18,19)} 등에 관해서 보고하여 왔다.

한편 모형을 정확하게 제작하기 위한 조건으로 인상재

[†]Corresponding author

Tel: 054-770-3663

Fax: 054-770-3649

E-mail: allceram@sorabol.ac.kr, allceram@naver.com

의 안정성, 정확성 및 인상재에 모형용 석고가 주입될 때 인상재와의 적합성과 경석고 수용액에 대한 인상재의 친수성도 깊은 관련이 있다²⁰. Lorren 등²¹, Praten 과 Craig²²는 폴리이썬 인상재가 부가중합형 실리콘이나 폴리설파이드에 비해 가장 친수적이었다고 보고하였다.

이상과 같이 고무 인상재에 대한 많은 연구보고가 계속되고 있으며 인상재 크기 안정성은 실제 모형과 인상채득에 의해 제작된 모형과의 지대치간 거리, 높이, 직경 등의 변화를 측정함으로써 측정될 수 있고^{23,24}, 각각 다른 인상재로 채득하여 제작된 모형상에서 기공물을 제작하여 이들의 변형을 알아보는 방법에 의해서도 측정되며^{8,25}, 또 인상재 표면의 친수성은 액체의 방울과 인상재 표면 사이에 형성된 접촉각의 크기를 측정함으로써 결정된다^{21,22}.

접촉각에 영향을 주는 요인 온도, 시간, 부피, 밀도 및 중력, 방울크기, 표면의 성질, 정량 공급을 등이 있다. 즉, 온도가 올라갈수록, 시간이 지날수록 표면장력 값이 떨어지고 중력의 영향은 사용한 액체의 밀도와 방울 체적에 영향을 미치며 물방울의 지름이 증가하면 중력의 영향이 커지며 접촉각은 감소한다고 하였다²⁶.

그러나 고무 인상재의 종류에 따른 상호간의 접촉각 비교연구와 이에 따른 석고 모형의 표면 관찰 연구는 아직 많지 않다. 따라서 본 연구는 각각의 탄성 고무인상재가 석고 모형재를 부은 후 시간이 흐름에 따라 생기는 접촉각의 변화를 관찰하여 정확한 작업모형 제작에 도움을 주고자 함에 목적이 있다.

연구대상 및 방법

1. 연구대상

실험에 사용할 인상재는 현재 임상에서 많이 사용하고 있는 폴리설파이드(polysulfide), 폴리이썬(polyether), 부가중합형 실리콘(addition silicone)에서 각각 1종류를 선택하였고 체적 안정성이 가장 떨어지는 축합중합형 실리콘(condensation silicone)은 배제하였다. 객관성 있는 실험을 위해 모든 인상재의 점주도(consistency)는 지대치 주입용인 Type(light body)를 선택하였다(Fig. 1).

모형재를 위해 경석고(NEO, mutsmi, Japan)를 사용하였고, 접촉각 측정은 구미전자정보기술원(GERI)의 전자동접촉각 측정시스템(Drop Master 700, KYOWA, Japan)(Fig. 2-a)을, 작업모형 표면관찰은 경북대학교 공동실험실습관(kpcl.knu)의 전계 방사형 주사 전자현미경인 JSM-6700F(JEOL Ltd., JAPAN)(Fig. 2-b)를 이용하였다.

2. 연구방법

개인 트레이용 레진(self-curing)으로 각종 인상재를 담은 Tray(하단직경 1.5 cm×상단직경 2.5 cm×높이 0.5 cm)를 뿔이 잘린 원뿔 형태로 제작한다. 높이 0.5 cm는 인상채득 시 트레이와 치아 간격인 1/8~1/4inch 사이이며 접촉각 측정기의 사용 편리를 위해 하면은 평편하게 제작하였다(Fig. 3-a).

각종 인상재는 제조회사의 매뉴얼을 준수하여 주입하고 상면이 평편하도록 하였고(Fig 3-b), 경화 후 9개의 시

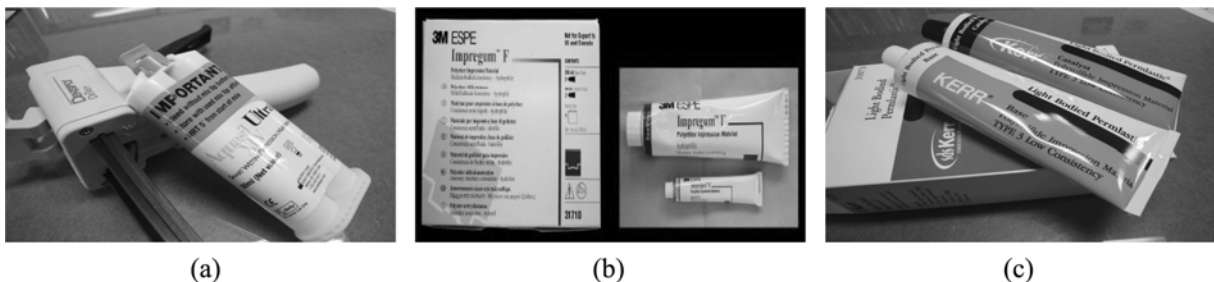


Fig. 1. Various impression materials that use in an experiment.

(a) Addition silicone(Aquasil Ultra XLV, Dentsply, USA), (b) Polyether(Impregum? Penta? Soft, 3M Espe, USA), (c) Polysulfide(light-bodied permalastic, KERR, USA)

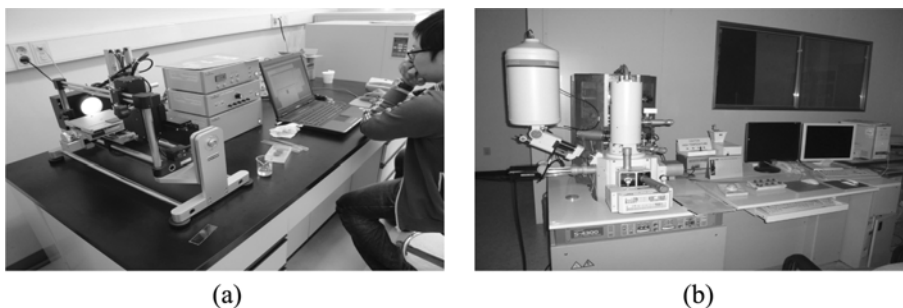


Fig. 2. Machines for an experiment.

(a) Automatic contact angle measurement system(Drop Master 700, KYOWA, Japan), (b) FE-SEM for observation of surface of anhydrite model

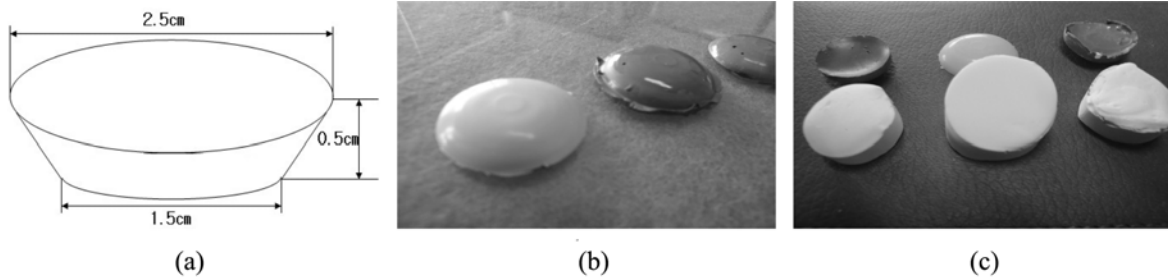


Fig. 3. Preparation process for an experiment. (a) Tray's Diagram to fill impression material, (b) Various rubber impression materials, (c) Gypsum medel for an experiment

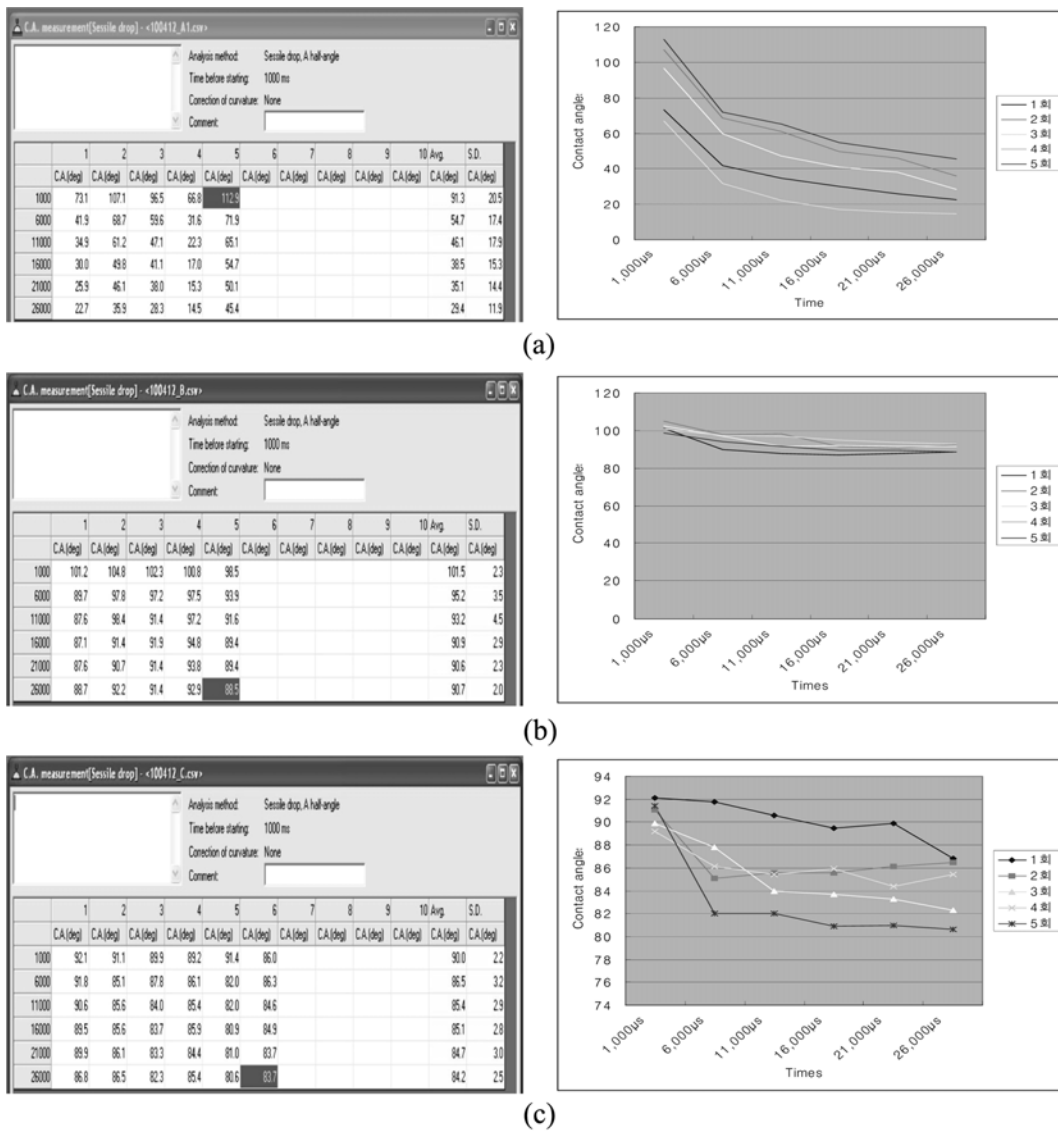


Fig. 4. Change of contact angle between impression material and distilled water (unit :°). (a) Addition silicone(Aquasil Ultra XLV, Densply, USA), (b) Polyether(Impregum™ Penta™ Soft, 3M Espe, USA), (c) Polysulfide(light-bodied permlastic, KERR, USA)

편위에 증류수(distilled water) 3.3 μl를 더뜨려 시간이 흐름에 따라 접촉각을 측정하였다.

모형재의 표면을 관찰하기 위해 각각의 인상체를 utility wax와 paraffin wax로 boxing 한 후 모형재를 붓고 경화 후 각각의 모형재의 표면을 관찰한다(Fig. 3-c).

3. 결과 관찰

부가중합형실리콘, 폴리이써, 폴리설파이드 인상재 제품의 접촉각 결과의 분석은 SPSS의 ANOVA(analysis of vatiance)로 하였고, 작업모형 표면의 관찰은 전계 방사형 주사 전자현미경(Field Emission Scanning Electron Micro-

scope(FE-SEM), JSM-6700F, FE-SEM)으로 200배 확대하여 가시적 평가를 하였다.

결 과

1. 접촉각 성적

세 종류 러버 인상재를 전자동접촉각 측정시스템(DM-700, KYOWA, Japan)을 이용하여 접촉각을 측정한 결과 초기 접촉각의 평균과 표준편차 값은 부가중합형실리콘, 폴리이써, 폴리설파이드 제품에서 각각 (91.3°±20.5), (90.0°±2.2), (101.5°±2.3)로 나타났고, 5초 후에는 (54.7°±17.4), (95.2°±3.5), (86.5°±3.2)로 나타났으며, 15초 후에는 부가중합형실리콘은 급격히 감소하여 (29.4°±11.9)의 값을 나타냈고 폴리이써, 폴리설파이드는 각각(90.7°±2.0)와 (84.2°±2.5)로 나타났다.

또한 각 제품의 초기 접촉각의 표준편차는 부가중합형실리콘이 가장 컸고 폴리이써, 폴리설파이드는 작았으나 폴리설파이드는 시간이 흐를수록 접촉각의 크기변화가

유의 할 만큼 컸다(Fig. 4, 5).

또한 물방울표면장력의 인상재 표면성분과 물방울과 인상재 사이의 계면장력의 합이 인상재표면 장력보다 작으면 인상재가 친수성으로 인상재 표면에 빨리 흡수되어 접촉각이 작아짐을 알 수 있었다(Fig. 5).

그리고 세 종류의 인상재 접촉각 평균의 변화는 아주 큰 유의성을 보였다(Table 1), (Fig. 5, 6).

2. 모형재 표면의 변화

부가중합형실리콘은 수소가스 발생으로 1시간 후 모형 붓기를 해야 하고, 무치악 인상재로 많이 사용하며 친수성인 폴리이써 고무인상재는 희석제를 첨가한 제품을 사용했으며, 폴리설파이드 고무인상재는 인상채득 후 1시간 이내 전체수축의 1/2이 발생하므로 세 종류 탄성고무인상재 모두 인상채득 후 1시간 경과하여 경석고를 부어 전체 방사형 주사 전자현미경(Field Emission Scanning Electron Microscope(FE-SEM), JSM-6700F, FE-SEM)으로 관찰한 후 다음과 같은 표면을 확인 했다.

접촉각이 작은 부가중합형 실리콘의 표면이 가장 조밀했고 그 다음 폴리설파이드, 폴리이써 제품 순서였다. 즉 접촉각이 작을수록 경석고 작업모형의 표면이 곱게 나타났다(Fig. 7).

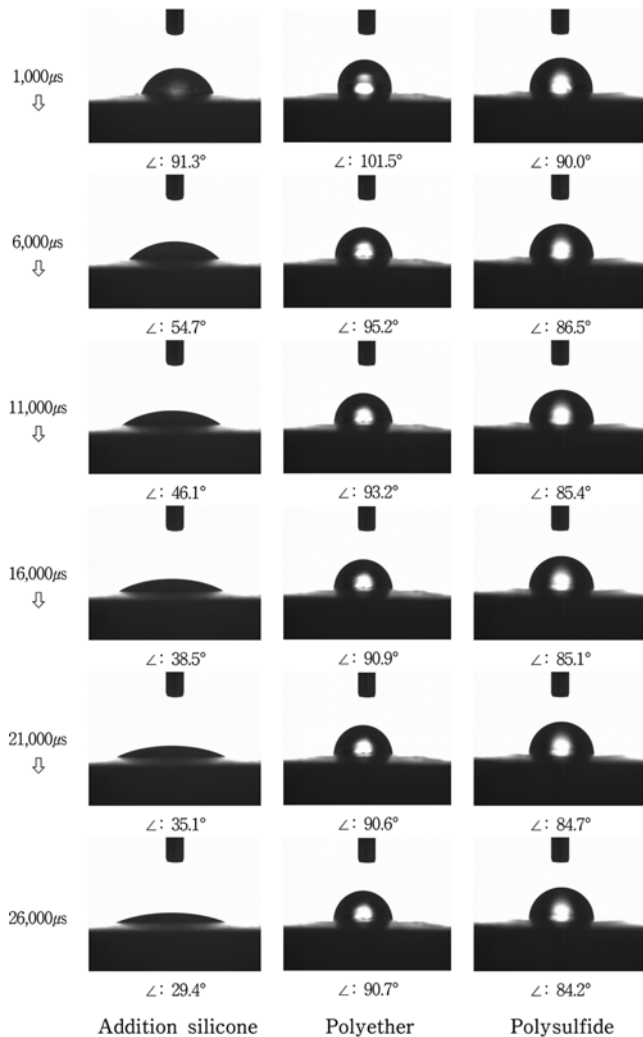


Fig. 5. Contact angle change by time passing on various impression materials

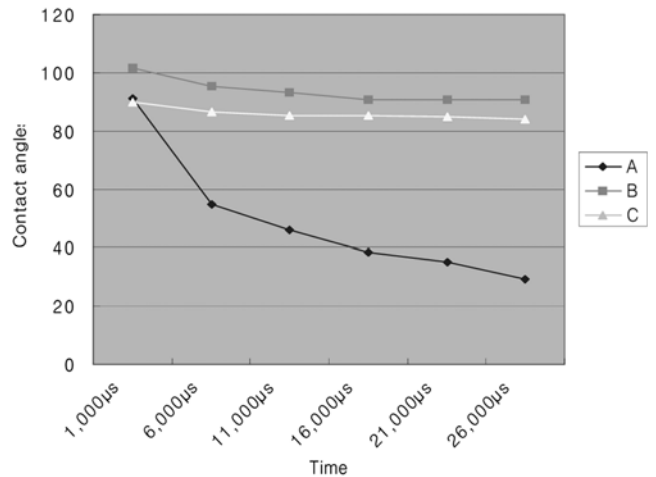


Fig. 6. Chart that show average value of contact angle of various impression material

Table 1. ANOVA analysis of change about contact angle of various impression material

	unit : °		
	Addition silicone	Polyether	Polysulfide
Mean±S.D.	49.1833±22.4393	93.6833±4.2377	85.9833±2.1142
F		19.35804	
t		3.68232	
p		7E-05***	

7E-05 : 소수점 이하 5번째 자리, (***)p<0.001)

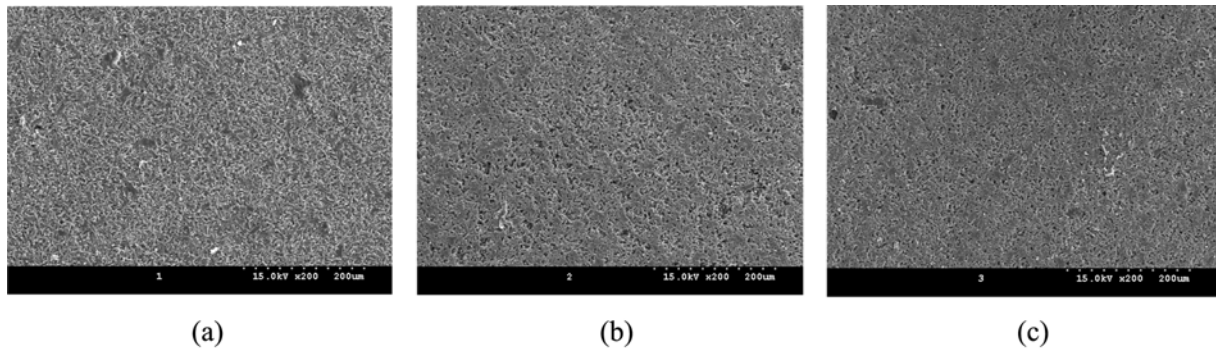


Fig. 7. Surface observation of anhydrite working model after doing check impression by various rubber impression materials($\times 200$). (a) surface of anhydrite making from polyether rubber impression material, (b) surface of anhydrite making from polysulfide rubber impression material (c) surface of anhydrite making from addition silicone rubber impression material

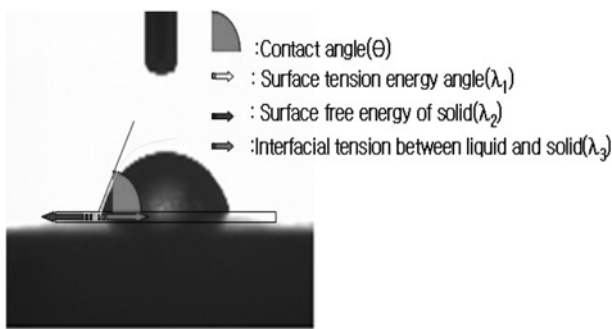


Fig. 8. Various energies that compose contact angle.

고찰

현재 임상에서 많이 사용하고 있는 탄성 고무인상재 중 반응부산물인 물이 생성되어 체적변화가 큰 축합형 실리콘인상재를 배제한 후 부가형실리콘, 폴리이써, 폴리설파이드 제품을 실험에 사용했다. 이 세가지 고무인상재의 특성은 다음과 같다.

부가중합형실리콘은 반응 부산물이 생성되지 않고 친수성이어서 체적 안정성이 뛰어나 7일 후 까지 모형제작이 가능한 제품이지만 고무장갑, 러버댐 등과 화학적 반응을 일으켜 주의해야 하며 수소가스 발생으로 1시간 후 모형 붓기를 해야 한다²⁷⁾.

폴리이써 고무인상재 또한 반응 부산물이 생성되지 않고 친수성이어서 체적 안정성이 뛰어나지만 탄력성이 부족하여 무치악 인상재로 많이 사용한다. 최근에는 희석제 첨가로 탄력성을 개선한 제품이 출시되고 있지만 접촉성 피부염같은 Allergy를 유발한다²⁸⁾.

폴리설파이드 고무인상재는 축합반응으로 반응부산물인 물이 생성되어 체적변화가 크고 인상채득 후 1시간 이내 전체수축의 1/2 발생하여 작업모형을 1시간 내 제작해야 하며 황화수소로 강한 냄새가 나며 옷을 착색 시킨다.

또한 탄성 고무인상재는 점주도(consistency)에 따라서 Low (light), Medium (regular), High (heavy), Very high (putty)로 나눌 수 있는데 light body는 지대치 주입용이

다²⁹⁻³⁰⁾.

이러한 탄성 고무인상재를 이용하여 정확한 작업 모형 제작을 위해 필요한 요소 중 하나는 흡수도이다. 흡수도는 액체가 인상재면과 이루는 접촉각 크기로 판단하는데, (Fig. 8)처럼 액체의 표면장력을 λ_1 , 고체의 표면장력을 λ_2 라 하고, 액체와 고체사이의 계면장력(界面張力)을 λ_3 이라 하면, 세 힘이 만나는 점에서의 힘의 균형조건은 영의 방정식(Young's equation)에서 $[\lambda_3 - \lambda_2 + \lambda_1 \cos\theta = 0]$ 이 된다.

하지만 엄밀히 말하자면 표면 에너지는 너무나 많은 변수가 있기에 접촉각 하나만으로 결정되지 않는다. 그러므로 Girifalco-Good-Fowkes-Young equation, Geometric-Mean Method, Harmonic-Mean Method, Lewis acid/base 이론 등을 이용하여 표면에너지를 계산하는데 그것 또한 매우 복잡하고 또한 정확성은 사용자에게 따라 다르게 나타날 수 있다. 보통 서로 다른 표면장력을 가진 1개에서 3개의 용액들을 가지고 접촉각을 측정하기도 하는데 한 개의 측정용액을 사용하는 Girifalco-Good-Fowkes-Young과 두개의 측정용액을 필요로 하는 Owens-Wendt-geometric mean, Wu-harmonic mean, 세 개의 측정용액을 필요로 하는 Lewis Acid/Base 모델이 있다³¹⁾.

본 연구에서는 세 종류 탄성 고무 인상재 시편을 전자동접촉각 측정시스템(DM-700, KYOWA, Japan)을 이용하여 3.3 μ l 증류수의 접촉각을 측정하였다.

증류수를 떨어뜨린 초기 접촉각의 평균과 표준편차 값은 부가중합형실리콘 제품인 [Aquasil Ultra XLV]가 (91.3 \pm 20.5)로 나타났으며 이는 폴리이써와 폴리설파이드 제품인 [ImpregumTM PentaTM Soft]와 [light-bodied permlastic]의 (90.0 \pm 2.2), (101.5 \pm 2.3) 값에 비해 평균값은 유사하게 나타났으나 표준편차 값에서 큰 차이를 보여줬다. 이는 부가중합형실리콘 제품인 [Aquasil Ultra XLV]는 술자의 사용방법에 따라 접촉각에서 많은 차이가 나타남을 설명하는 것이다.

그러나 시간이 흐를수록 부가중합형실리콘 제품인 [Aquasil Ultra XLV]은 0.001초 때 접촉각이 91.3 $^\circ$ 이고 0.021초 경과 후 접촉각이 29.4 $^\circ$ 로 다른 두 종류에 비해

접촉각이 급속히 감소함을 관찰 할 수 있었는데, 이는 석고 모형재를 붓고 0.021초 만에 인상재 표면에 모형제가 완전 흡수됨을 설명하는 것이다. 폴리이써와 폴리설파이드 제품인 [Impregum™ Penta™ Soft]와 [light-bodied permlastic]는 0,001초 때 접촉각이 각각 101.5°와 90.0°이고 0.021초 경과 후 접촉각이 각각 90.7°와 84.2° 접촉각에서 변화가 거의 일어나지 않아 0.001초만 경과하여도 인상재 표면에 모형제가 젖어 든다고 할 수 있었다.

또한 동일한 고무인상재를 사용하여 실험하였을 때 실험 횟수에 따라 접촉각의 차이가 크게 나타났는데 폴리설파이드, 부가중합형 실리콘, 폴리이써의 순으로 낮게 나타났다.

이는 폴리설파이드, 부가중합형 실리콘 제품의 사용 시술자의 방법에 따라 접촉각의 변화가 많음을 알 수 있었다.

즉, 세 종류의 탄성고무인상재가 시간이 흐름으로써 관찰된 증류수에 대한 접촉각은 유의성이 크게 나타났기 때문에 임상에서 선택이 중요함을 알 수 있었다.

작업모형의 표면관찰은 접촉각의 크기가 작을수록 매끈한 다이(die)나 모형을 제작할 수 있음을 알 수 있었다.

본 연구에서 타액정도의 점성을 가진 액체를 가지고 실험을 하거나 인상재를 담은 트레이로 실제 트레이를 이용하였을 때 좀 더 정확한 결과를 얻을 수 있을 것으로 사료되며, 부가중합형실리콘은 수소가스 발생 때문에 1시간 후, 폴리설파이드 인상재의 수축 때문에 1시간 내에 작업모형을 제작해야 하며 폴리이써 고무인상재 또한 체적 안정성이 뛰어나지만 탄력성이 부족하다는 단점을 보완하지 않고 실험을 실시하였기에 앞으로 이를 개선한 또 다른 실험의 필요성을 느꼈다.

요 약

탄성 고무인상재의 종류인 폴리설파이드(polysulfide), 폴리이써(polyether), 부가중합형 실리콘(addition silicone)에서 점주도(consistency)가 Type III인 인상재를 각각 1종류 선택하여 증류수 3.3 μl를 떠뜨려 접촉각을 측정하고, 세 종류의 인상체에 치과용 경석고를 부어 작업모형을 만들고 표면을 관찰하였다. 접촉각 측정은 전자동접촉각 측정시스템(DM-700, KYOWA, Japan)을 이용하였고 작업모형의 표면관찰은 전계 방사형 주사 전자현미경(JSM-6700F, JEOL Ltd., JAPAN)을 이용하여 다음과 같은 결론을 얻었다.

- 1) 초기 접촉각의 평균과 표준편차는 부가중합형실리콘, 폴리이써, 폴리설파이드 제품이 각각 $91.3^{\circ} \pm 20.5$, $90.0^{\circ} \pm 2.2$, $101.5^{\circ} \pm 2.3$ 로 평균값은 유사하게 나타났으나 부가중합형실리콘의 표준편차값에서 큰 차이를 보여줬다. 이는 술자의 술식에 따라 항상 일정한 특성을 보여주지 않는다는 것이다.

- 2) 시간이 흐를수록 부가중합형실리콘 제품은 다른 두 종류에 비해 접촉각이 급속히 감소함을 관찰 할 수 있었고, 초기접촉각이 91.3°이며 25초 후 29.4°로 급격히 감소했다.
- 3) 폴리이써 제품은 초기접촉각이 101.5°에서 25초 후의 접촉각 90.7°이었고, 폴리설파이드 제품은 초기접촉각이 90.0°에서 25초 후의 접촉각 84.2로 변화가 거의 일어나지 않았고 그 각도도 부가중합형실리콘에 비해 컸다.
- 4) 세 종류의 탄성고무인상재에서 시간이 흐름으로써 관찰된 접촉각은 유의성이 있었다($p < 0.001$).
- 5) 작업모형의 표면관찰에서 부가중합형실리콘이 가장 치밀했고, 그 다음 폴리설파이드, 폴리이써 순서였다. 따라서 탄성고무 인상재에 있어서 접촉각이 작은 부가중합형 실리콘은 폴리이써나 폴리설파이드 제품에 비해 더 치밀한 작업모형을 얻을 수 있었고 세 종류의 인상재 접촉각에서 큰 유의성을 보였다. 그러나 부가중합형 실리콘은 접촉각의 편차가 커 술자의 주의가 필요한 것으로 나타났다. 폴리설파이드 제품과 폴리이써 제품은 20~25초 후 접촉각이 최초 접촉각과 큰 차이를 보이지 않아 소수성 제품으로 인상채득 시 주의가 요망되는 것으로 보인다. 향후 *Vitro* 상태에서 인상재에 영향을 미치는 여러 가지 요인들에 대한 지속적인 연구의 필요성을 느낀다.

참고문헌

1. Craig RG: Restorative dental materials. 8th ed. Mosby, St. Louis, pp.293, 1989.
2. Philips RW: Science of dental materials. W.B. Saunders, Philadelphia, pp.137, 1982.
3. Gilmore HW, Schnell RJ, Phillips RW: Factors influencing the accuracy of silicone impression materials. J Prosthet Dent 9: 304-305, 1959.
4. Davis DR, Preble JS: Accuracy of a hydrophilic irreversible hydrocolloid/silicone impression material. J Prosthet Dent 55(3): 304-308, 1986.
5. Philips RW: Skinner's science of dental materials. 9th ed. W.B. Saunders, Chicago, pp.135-156, 1991.
6. Craig RG: Restorative dental materials. 8th ed. Mosby, St. Louis, pp.309-325, 1989.
7. No authors listed: Revised American Dental Association Specification No. 19 for Non-Aqueous, Elastomeric Dental Impression Materials. J Am Dent Assoc 94(4): 733-741, 1977.
8. Stauffer JP, Meyer JM, Nally JN: Accuracy of six elastic impression materials used for complete arch fixed partial dentures. J Prosthet Dent 35(4): 407-415, 1976.
9. Sawyer HF et al.: Accuracy of cast produced from the three classes of elastomer impression materials. J Am Dent Assoc 89: 644-648, 1974.
10. Lin CC et al.: Accuracy of impression materials for complete arch fixed partial denture. J Prosthet Dent 59(3): 288-291, 1988.
11. Lacy AM et al.: Time-dependent accuracy of elastomer impression materials. Part : Condensation silicone. J Prosthet

- Dent 45: 209-215, 1981.
12. Price RB et al.: The dimensional accuracy of 12 impression material and die stone combinations. *Int J Prosthodont* 4(2): 169-174, 1991.
 13. Williams PT, Jackson DG, Bergman W: An evaluation of the time-dependent dimensional stability of seven elastomeric impression materials. *J Prosthet Dent* 52: 120-125, 1984.
 14. Valderhaug J, Fløystrand F: Dimensional stability of elastomeric impression materials in custom-made and stock trays. *J Prosthet Dent* 52(4): 514-517, 1984.
 15. Wassel RW, Ibbeston RJ: The accuracy of polyvinyl siloxane impression materials made with standard and reinforced stock trays. *J Prosthet Dent* 66: 748-757, 1991.
 16. Eames WB et al.: Elastomeric impression materials: effect of bulk on accuracy. *J Prosthet Dent* 41(3): 304-307, 1979.
 17. MBalkenhol et al.: Influence of prolonged setting time on permanent deformation of elastomeric impression materials. *J Prosthet Dent* 103(5): 288-294, 2010.
 18. Langenwaller EM, Aquilino SA, Turner KA: The dimensional stability of elastomeric impression materials following disinfection. *J Prosthet Dent* 63(3):270-276, 1990.
 19. Giblin J, Podesta R, White J: Dimensional stability of impression materials immersed in iodophor disinfectant. *Int J Prosthodont* 3(1): 72-77, 1990.
 20. Preice RB et al.: The dimensional accuracy of 12 impression material and die stone combinations. *Int J Prosthodont* 4(2): 169-174, 1991.
 21. Lorren RA, Salter DJ, Fairhurst CW: The contact angle of die stone on impression materials. *J Prosthet Dent* 36: 176, 1976.
 22. Pratten DH, Craig RG: Wettability of a hydrophilic addition silicone impression material. *J Prosthet Dent* 61(2):197-202, 1989.
 23. Kaiser DA, Nicholls JI: A study of distortion and surface hardness of improved artificial stone casts. *J Prosthet Dent* 36(4): 373-381, 1976.
 24. Linke BA, Nicholls JL, Faucher RR: Distortion analysis of stone casts made from impression material. *J Prosthet Dent* 54: 794, 1985.
 25. Dounis GS, Ziebert GJ, Dounis KS: A comparison of impression materials for complete-arch fixed partial dentures. *J Prosthet Dent* 65(2):165-169, 1991.
 26. Batchelor T, Cunder J, Fadeev AY: Wetting study of imidazolium ionic liquids. *Journal of Colloid and Interface Science* 330(2): 415-420, 2009.
 27. 최태식, 정영화, 이용렬 등 : 상용 부가중합형 실리콘 고무인상재의 인장강도와 유동학적 특성에 관한 연구. *대한치과기재학회* 36(3):221-227, 2009.
 28. 박희진, 노상호, 배성렬 등 : 플라즈마 처리된 폴리이썬실폰 막의 CO₂/N₂ 혼합가스의 투과거동에 대한 연구. *한국화학공학회* 40(6):687-693, 2002.
 29. Cho LR, Kang SK, Chung KH: Rubber Impression Material. *Polym. Sci. Technol* 12(4): 451-639, 2001.
 30. Yoo SJ, Lee KW, Kim KN: Comparison of stone surface porosities caused by hydrogen gas from addition silicone impression materials. *J Korea Acad Prosthet Dent* 34(2), 349-362, 1996.
 31. 오테레사, 김종욱 : 탄소를 포함한 절연박막의 접착각 및 전기적 특성. *한국진공학회지* 17(2):117-121, 2002.

(Received April 26, 2010; Revised June 16, 2010;
Accepted June 18, 2010)

