

부가중합형 실리콘 교합인기재의 탄성 특성

이영옥 · 김정남¹

대전보건대학교 치위생과 · ¹연세대학교 치과대학 치과생체재료공학교실

Elastic properties of addition silicone interocclusal recording materials

Young-Ok Lee · Kyoung-Nam Kim¹

Dept. of Dental Hygiene, Deajeon Health Sciences College

¹*Dept. and Institute of Dental Biomaterials and Bioengineering
College of Dentistry, Yonsei University*

ABSTRACT

Objectives : In this study, contact angle and shore D hardness were measured, and a shark fin test was conducted after selecting five addition silicon(Blu-Mousse, BM; EXABITE II, EX; PERFECT, PF; Regisil® Rigid, RE; Silagum®, SI) in order to figure out the properties of elastomeric interocclusal recording materials and reduce errors at interocclusal recording.

Methods : A contact angle was measured using a contact angle analyzer. After placing a drop of liquid on the surface of the specimens of interocclusal recording materials, a contact angle was photographed with a CCD camera on the equipment. In terms of a shark fin test, interocclusal recording materials were mixed for the time proposed by the manufacturer and inserted into the split ring of the Shark fin device. Twenty (20) seconds exactly, a metal rod was removed to make the materials slowly absorbed. Once they hardened, fin height was measured with a caliper after separating molds and trimming the specimens. The shore D hardness was measured with a shore D hardness tester(Model HPDSD, Hans Schmidt & Co. GmbH, Germany) in sixty (60) minutes after fabricating specimens. In each experiment, five specimens, mean and standard deviation were calculated. A one-way ANOVA test was performed at the $p > 0.05$ level of significance. In terms of correlation among the tests, Pearson correlation coefficient was estimated. For multiple comparison, Scheffe's test was carried out.

Results : A contact angle was the highest in EX with 99.23° ($p < 0.05$) while the result of the shark fin test was the longest in RE with 5.45mm. SI was the lowest (0.27mm) with statistical significance. Among the interocclusal recording materials, significant difference was observed in terms of means ($p < 0.05$). The shore D hardness was the highest in SI with 31.0 while RE was significantly low with 16.4 ($p < 0.05$). Among the materials, statistically significant difference was observed in terms of means when compared to the rest materials (RE), BM, RE and SI (PF and EX) and the remaining materials (BM and SI) ($p < 0.05$). In terms of correlations among the tests, a negative correlation occurred between shore D hardness and shark fin test($r = -0.823$, $p = 0.000$).

교신저자 : 이영옥 우) 300-711 대전광역시 동구 충청로 21 대전보건대학교 치위생과

전화 : 010-5457-9853 Fax : 042-670-9586 E-mail : yolee123@naver.com

접수일-2012년 3월 29일 수정일-2012년 6월 20일 게재확정일-2012년 6월 22일

▶ 이 논문은 2010년도 식품의약품 안전청 용역연구개발과제(10172의료기402)의 지원사업에 의하여 연구되었음.

Conclusions : According to the study above, it is necessary to understand the properties of interocclusal recording materials and consider contact angle, shark fin test and properties of shore D hardness to select appropriate materials. (J Korean Soc Dent Hygiene 2012;12(3):513-520)

Keywords : contact angle, interocclusal recording materials, shark fin test, shore D hardness

색인 : 교합인기재, 샤크핀 검사, 쇼어 D 정도, 접촉각

1. 서론

보철수복물을 성공적으로 제작하기 위해서는 정확한 인상채득에 의한 모형제작이 필수적이다. 그러나 아무리 정밀한 모형이 얻어진다 하더라도 납형(wax pattern)을 제작하기 위해서는 환자의 정확한 교합관계가 작업모형상에 재현되어야 하기 때문에 환자의 상·하악 교합인기과정도 역시 중요한 요소 중의 하나이다. 따라서 정확한 교합관계를 인기하기 위해서는 채득방법 및 사용되는 재료에 대한 이해가 필요하며¹⁾, 모형에서 수복물이 부정확하게 위치되어 만들어진다면 구강 내에서 올바르게 교합조정을 해야 하거나 심지어는 수복물을 다시 제작해야 할 것이다²⁾.

교합인기용으로 사용되는 재료로는 왁스(wax), 인상용 석고(plaster), 아크릴릭 레진(acrylic resin), 산화아연 유지놀 연고(ZOP), 폴리에이써(polyether), 부가중합형 실리콘(addition silicone) 등이 있으며, 최근에는 부가중합형 실리콘과 폴리에이써 교합인기재가 크기 안정성이 우수하고 반응 부산물이 없으며 중합수축이 작아 많이 사용되고 있다³⁾.

왁스는 열팽창계수가 커서 수축과 팽창의 크기 변화가 많고, 안정성이 결여되어 변형이 잘 일어나며⁴⁾, 교합인기과정 중에 하악의 변위가 초래되어 정확한 상·하악 교합관계를 재현하기에 오차가 생기기 쉬운 재료이다. 많은 연구에서 왁스는 교합인기재 중에서 가장 부정확하며, 모형에 고정시키는 데 중요한 요인이 아니라고 보고하였⁵⁻⁷⁾, Vergos와 Tripodakis⁸⁾도 4종의 교합인기재의 수직교합관계를 재현하는 평가에서 왁스의 변위가 가장 컸다고 보고하였다.

Chai 등⁹⁾은 교합인기재를 선정하는 기준은 모든 재료들이 다르기 때문에 재료의 점성을 보기 위하여 8종의

교합인기재로 혼합시작 후 30초에 콘 플레이트 점조계로 점조도를 측정하였고, Michalakakis 등¹⁰⁾은 5종의 탄성교합인기재의 경화 전 점조도를 평가하기 위하여 20초 동안 혼합한 인기재 0.5ml를 주사기로 주입하여 575g의 유리판을 위치해 덮여진 표면부위를 컴퓨터의 스캐너로 측정하였다.

또 Chai 등¹¹⁾은 1종의 산화아연유지놀연고, 1종의 폴리에이써, 그리고 7종의 폴리비닐실록산 재료의 쇼어(Shore) 경도를 혼합시작으로부터 30분과 24시간 후에 실험하였으며, Siddiqui 등¹²⁾은 탄성중합체의 쇼어 정도에서 샘플 두께의 효과에 대한 이론적 실험적 연구를 하였다. Guiotti 등¹³⁾은 안면 보철물 제작을 위한 실리콘으로 쇼어 A 경도를 평가하였고, Meththananda 등¹⁴⁾은 탄성 치과재료들과 영률(Young's modulus)의 쇼어 정도와의 관련성을 보고하였다.

Balkenhol 등¹⁵⁾은 8종의 인상재료 30초 간격으로 샤크핀(Shark fin) 시험을 하여 인상의 질을 상관관계로 분석하였다. 또 German 등¹⁶⁾도 유동 특성에 관련되는 탄성 인상재의 표면 미세부 재현으로 샤크핀 시험을 하였고, 접촉각에 관한 연구로는 Balkenhol 등¹⁷⁾은 3종의 치과인상재를 6종류의 다른 유형으로 접촉각을 측정하였으며, Lorren 등¹⁸⁾, Panichuttra 등¹⁹⁾, Chong 등²⁰⁾도 탄성 고무인상재들로 접촉각을 연구하였다.

아직까지 국내에서는 교합인기재의 접촉각 측정, 샤크핀 시험, 쇼어 D 정도에 대한 연구는 미미한 편이다. 이에 저자는 교합인기재의 탄성 특성을 파악하고 교합인기시 오차를 줄이기 위한 방안으로 시판되고 있는 5종의 부가중합형 탄성 고무 교합인기재를 선정하여 접촉각을 측정하였고, 샤크핀 시험을 하였으며, 쇼어 D 정도를 측정하여 분석하고 비교하였다.

2. 연구대상 및 방법

2.1. 연구대상

본 연구는 자동혼합형인 5종의 부가중합형 실리콘 교합인기재를 연구대상으로 하였다<표 1>.

2.2. 연구방법

본 연구에서는 $23\pm1^{\circ}\text{C}$, $50\pm5\%$ 의 상대습도를 유지하여 접촉각 측정¹⁷⁻²⁰⁾, 샤크핀(Shark fin)^{15,16)} 시험, 쇼어 D 경도^{11,12)}를 측정하였다.

2.2.1. 접촉각 측정

접촉각 측정에 필요한 시편을 제작하기 위하여 유리판 위에 Polyethylene 필름을 올려놓고 지름 20mm, 두께 2mm의 원형 Teflon 몰드를 위치시킨 후, 혼합한 교합인기재를 몰드에 주입하였다. Polyethylene 필름으로 덮은 후, 같은 크기의 유리판을 올려놓아 교합인기재의 표면을 평평하게 하였다. 제조사가 제시한 시간 동안

$35\pm2^{\circ}\text{C}$ 온도의 수조에 넣고 경화시킨 후 꺼내어 시편을 분리하였다. 교합인기재의 표면과 액체의 접촉각은 교합인기재의 시편 표면에 $10\mu\text{l}$ 의 증류수를 떨어뜨리고 30초 후에 접촉각 측정기(Phoenix 300, SEO Corp., Korea)로 측정하였고, 장비에 부착된 CCD Camera로 시편의 접촉각을 촬영하였다(Figure 1). 각 재료당 5개 시편의 접촉각을 측정하여 평균값을 구하였다.

2.2.2. 샤크핀 시험

교합인기재는 제조사가 제시한 시간 동안 혼합하여 10mℓ 정도를 샤크핀 시험 장치의 분리 링(Split ring)에 주입하여 채웠다. 믹싱 팁은 용기 안쪽에 위치시켜 되도록 공기의 유입을 피했으며, 147g 중량의 고정된 몰드(Housing & Split cylinder)를 링 위에 위치시키고, 20초에 핀(Metal rod)을 제거하여 재료가 천천히 스며들도록 하였다. 재료가 경화한 후 몰드를 분리하고 시편을 다듬어서 0.01mm 정확도의 디지털 캘리퍼로 핀의 높이를 측정하여 재료의 흐름성을 파악하였으며(Figure 2, 3), 각 재료

Table 1. Interocclusal recording materials used in this study

Materials	Type	Mixing method	Manufacturer	Lot No.	Code
Blu-Mousse	Addition silicone	Automixed	PARKELL, U.S.A.	SF-09222	BM
EXABITE II	Addition silicone	Automixed	GC Corp., Japan	0811131	EX
PERFECT	Addition silicone	Automixed	Handae chemical Korea	CB1170911	PF
Regisil® Rigid	Addition silicone	Automixed	DENSPLY CAULK, Germany	091004	RE
Silagum®	Addition silicone	Automixed	DMG, Germany	626787	SI

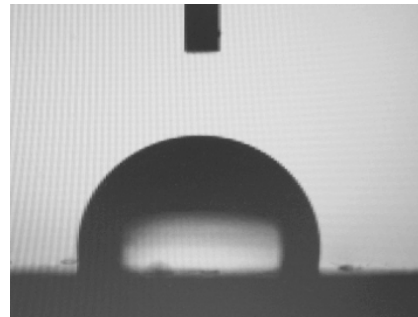
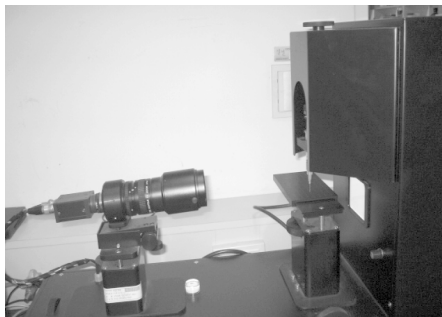


Figure 1. Contact angle measurement equipment(left) and profile of water drop

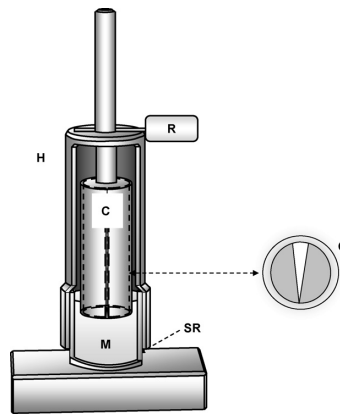


Figure 2. Left: Schematic drawing of the shark fin device. SR, split ring; M, Interocclusal recording materials; H, housing; C, split cylinder, R, metal rod for releasing the split cylinder

Right: Horizontal cross-section of the split cylinder with the V shaped slit

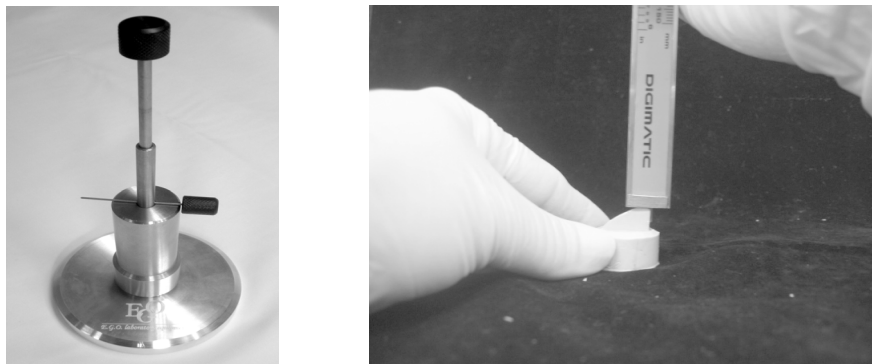


Figure 3. Shark fin device(left) and measuring the Shark fin height

당 5회씩 실험하여 평균값을 구하였다.

2.2.3. 쇼어 D 경도 측정

시편을 제작하기 위하여 약 50mm×30mm, 두께 4mm인 유리판에 약 50mm×30mm, 두께 0.035mm인 Polyethylene 필름을 올려놓고, 높이가 (4±0.1)mm인 링 형태의 스페이서를 위치시켰다. 스페이서에 교합인기재를 주입하고 Polyethylene 필름으로 덮은 후 유리판을 올려놓아 인상재 표면을 편평하게 만들었다. 제조사가 제시한 구강 내 최소 체류시간 동안 온도 (35±2)℃의 수조에 넣어 경화시킨 다음 꺼내어 시편을 분리하였다. 검사할 때까지(23±2)℃의 온도에서 보관하였으며, 60분 후에 각 실험당 5개의 시편을 쇼어 D 경도계(Model HPDSD, Hans Schmidt & Co. GmbH, Germany)〈Figure 4〉로 측정하였다.



Figure 4. Measuring device for Shore D hardness

2.3. 자료 분석

본 연구에서 수집된 자료는 SPSS(ver. 17.0) 프로그램을 이용하여 분석하였다. 접촉각 측정, 샤크핀 시험,

쇼어 D 경도 측정의 평균과 표준편차를 구하였고, 유의 수준은 0.05 미만으로 One way ANOVA test를 분석하였으며, 시험들 간의 상관성은 Pearson 상관계수를 구하였고, 사후검정(Multiple comparison)으로는 Scheffe's test를 실시하였다.

3. 연구성적

3.1. 접촉각 측정

접촉각은 EX가 99.23°로 가장 높게 나타났고, 사후 검정결과는 모두 1개의 집단군으로 나누어지며, 교합인 기재들과 집단들의 평균이 통계적으로 유의한 차이가 없는 것으로 나타났다($p>0.05$)〈표 2〉.

3.2. 샤크핀 시험

샤크핀 시험은 RE가 5.45mm로 가장 높게 나타났고, SI가 0.27mm로 유의하게 가장 낮게 나타났다($p<0.05$). 사후 검정결과에서 동일 집단군을 묶어보면 전체집단을 크게 4개의 부분 집단군으로 나누어지는데, PF는 BM, RE와, RE는 나머지 재료들과, SI는 PF를 제외한 나머지 재료들과, EX는 BM, PF를 제외한 나머지 재료들과, BM은 EX를 제외한 나머지 재료들과 집단들의 평균이 통계

적으로 유의한 차이가 있는 것으로 나타났다($p<0.05$)〈표 2〉.

3.3. 쇼어 D 경도 측정

쇼어 D 경도는 SI가 31.0으로 가장 높게 나타났고, RE가 16.4로 유의하게 낮게 나타났다($p<0.05$). 사후 검정결과에서 동일 집단군을 묶어보면 크게 4개의 부분 집단군으로 나누어지는데, RE는 나머지 재료들과, PF, EX는 BM, RE, SI와, BM, SI는 각각 나머지 재료들과 집단들의 평균이 통계적으로 유의한 차이가 있는 것으로 나타났다($p<0.05$)〈표 2〉.

3.4. 접촉각, 샤크핀 및 쇼어 D 경도 간의 상관관계

접촉각 측정, 샤크핀 시험 및 쇼어 D 경도 측정값의 상관관계를 보면, 쇼어 D 경도와 샤크핀 시험과는 음의 상관관계를 보였다($r=-0.823$, $p=0.000$)〈표 3〉.

4. 총괄 및 고안

정확한 교합인기는 치과 수복물을 얻기 위한 필수과정이다²¹⁾. 탄성 고무 교합인기재들은 교합인기를 채득하여

Table 2. Test result of experimental materials

Materials	Contact angle(°)	Subset	Shark fin (mm)	Subset				Shore D hardness	Subset			
		G1		G1	G2	G3	G4		G1	G2	G3	G4
BM	99.16±1.96	*	2.05±0.51			*		26.4±1.81			*	
EX	99.23±2.45	*	1.52±0.14		*	*		23.2±1.09		*		
PF	98.97±3.53	*	0.95±0.20	*	*			23.2±0.44		*		
RE	98.34±4.51	*	5.45±0.48				*	16.4±0.54	*			
SI	96.39±4.38	*	0.27±0.06	*				31.0±1.41				*
F value	0.570		178.231**					101.600**				

**($p<0.01$), G; Group

Table 3. Pearson correlation coefficients between contact angle, shark fin, shore D hardness

Variables	Contact angle	Shark fin	Shore D hardness
Contact angle	1.00	—	—
Shark fin	0.048	1.00	—
Shore D hardness	-0.194	-0.823**	1.00

모형을 교합기상에 장착하기 위해 많이 사용되므로 여러 가지 성질들이 고려되어야 하며²²⁾, 또 교합인기의 절차에서 발생하는 오류는 제작된 수복물의 결과에 많은 영향을 미칠 수 있으므로 세심한 주의가 필요하다¹⁾. Fattore 등⁵⁾은 인기 왁스는 한결같이 신뢰할 수 없었다고 보고하였고, Ghazal 등²⁾은 Vinyl polysiloxane과 polyether 교합인기재는 모형에서 수직변위를 보이지 않았다고 보고하였으며, Vergos와 Tripodakis²³⁾는 교합인기재의 수직 정확도의 연구에서 Polyvinyl siloxane이 101 μ m으로 가장 작은 차이를 나타냈고, Polyether는 107 μ m을 나타냈으며, Wax가 168 μ m으로 가장 큰 차이를 보였다고 보고하였다. 이에 본 연구에서는 교합인기 시 오차를 줄이고 성공적인 보철수복물을 제작하기 위한 필수요건으로 이 등^{1,22)}의 선행 연구를 참고하여 부가중합형 탄성 고무 교합인기재로 접촉각 측정, 샤크핀 시험, 쇼어 D 정도 측정을 실험하고 각 재료의 물성을 비교하였다.

접촉각은 액체가 서로 섞이지 않는 물질과 접할 때 형성되는 경계면의 각을 말하며, 일반적으로 접촉각을 측정하여 젖음의 정도를 평가할 수 있다. 접촉각이 감소함에 따라 액체가 퍼지는 경향이 커지기 때문에 접촉각은 퍼짐성 또는 젖음성(Wettability)을 나타내는 데 유용하다²⁴⁾. 접촉각 측정은 마이크로리터(μ l) 단위의 액체 방울이 사용되며, 이 액체 방울의 퍼짐은 액체의 표면장력이 더 낮거나 또는 더 큰 밀도를 갖는다면 더 우수하다²⁵⁾. Lorren 등¹⁸⁾은 접촉각이 크면 모형상에 기포가 잘 발생한다고 보고하였다. 본 연구에서의 접촉각은 EX가 99.23°로 가장 높게 나타났고, 부가중합형 교합인기재들 간에는 유의한 차이가 없게 나타났으나($p < 0.05$), 접촉각이 낮은 재료가 더 정확한 교합인기를 채득할 수 있을 것으로 사료된다.

Balkenhol 등¹⁵⁾은 제조사가 제시하는 작업시간 내에 얻어진 샤크핀 시험 결과가 임상적으로 적절한 재료의 특성처럼 인상재의 미세부 재현성이나 크기 정확도에 관해서는 예측을 할 수 없다고 보고하였다. 본 연구의 샤크핀 시험은 RE가 5.45mm로 가장 높게 나타났고, SI가 0.27mm로 유의하게 가장 낮게 나타났($p < 0.05$). 또 교합인기재들 간에는 PF는 BM, RE와, RE는 나머지 재

료들과, SI는 PF를 제외한 나머지 재료들과, EX는 BM, PF를 제외한 나머지 재료들과, BM은 EX를 제외한 나머지 재료들과 집단들의 평균이 통계적으로 유의한 차이가 있는 것으로 나타났고($p < 0.05$), 교합인기재의 흐름성이 높을수록 핀의 높이가 높게 나타났다. 또 이 등²²⁾의 선행연구에서 흐름성 시험으로 점조도 측정과 본 연구의 샤크핀 시험을 비교해본 결과 RE, BM, EX, PF, SI 순으로 나타나 동일한 결과를 보였다. 흐름성이 없는 교합인기재는 흐름성이 있는 재료에 비하여 경화시간이 단축되며, 구강 내에서는 경화가 더 빨리 진행되기 때문에 환자의 교합인기 시 민첩하게 재료를 다루지 않게 된다면 빨리 경화되어 정확한 교합인기를 채득하기가 어려우리라 사료된다. 게다가 이 등¹⁾의 작업시간 연구에서 EX, PF, SI의 교합인기재는 수축이 너무 심해서 제조사가 제시한 작업시간에 도달할 수가 없었는데 교합인기재의 선택 시 흐름성이 너무 낮은 교합인기재는 고려해야 한다고 사료되었다.

Siddiqui 등¹²⁾은 쇼어 정도는 탄성중합체의 경도를 측정하는 빠르고 편리한 방법이라고 하였고, 표본을 최소한 6mm 두께이어야 하나 연구자들은 얇은 샘플은 흔히 사용한다고 하였으며, 쇼어 정도는 두께와 반대로 증가하였고, 얇은 샘플에서 가장 현저한 효과를 나타내어 6mm 두께보다 1mm 두께 시편에서 더 높은 정도값을 얻었다고 보고하였다. 본 실험의 쇼어 D 정도는 SI가 31.0으로 가장 높게 나타났고, RE가 16.4로 유의하게 낮게 나타났으며($p < 0.05$), 교합인기재들 간에는 RE는 나머지 재료들과, PF, EX는 BM, RE, SI와, BM, SI는 각각 나머지 재료들과 집단들의 평균이 통계적으로 유의한 차이가 있는 것으로 나타났($p < 0.05$). 또 본 연구에서는 5종의 부가중합형 실리콘 교합인기재로 시험을 하였는데 이 등¹⁾이 Mitutoyo Type A로 7종의 교합인기재의 쇼어 A 정도를 측정한 값과 비교해볼 때 본 시험의 대상이 아닌 2종의 재료를 제외하면 측정 값의 순위가 동일하게 일치함을 보였다.

교합인기재들의 접촉각 측정, 샤크핀 시험 및 쇼어 D 정도 측정값의 상관관계를 보면, 접촉각은 샤크핀이나 쇼어 D 정도와는 상관관계가 없으나 쇼어 D 정도와 샤크핀 시험과는 음의 상관관계를 보였다($r = -0.823$, $p = 0.000$).

즉, 샤크핀 값이 크면 클수록 쇼어 D 경도는 낮게 나타났는데 교합인기에 알맞은 적절한 흐름성과 경도를 가진 재료의 선택이 중요하다고 사료된다. 이 등^{1,22)}은 만능시험기(Instron 3366, Instron, Co., Ltd., U.S.A)상의 경도 측정에서 20 HD 이상으로 만족한 교합인기재는 PF, BM, SI로 나타났다. 또 구강 내 체류시간의 편차가 작은 재료가 RE, BM으로 나타났고, 본 재료의 압축변형률은 RE, PF, EX, BM, SI 순으로 나타났으며, 찢김강도와 압축강도는 SI, BM, EX, RE, PF 순으로 나타난 것을 종합해 보면 PF, SI는 수축이 심하여 제조사가 제시한 작업시간에 도달할 수가 없게 나타나서 본 연구에서는 BM 재료가 추천되었으나 계속적으로 후속적인 연구가 필요하다고 사료된다.

이상의 실험의 결과로 보아 부가중합형 실리콘 교합인기재들에 따라서 통계적으로 유의한 차이를 보였다. 따라서 적절한 재료를 선택하여 올바르게 교합인기를 채득하기 위해서는 이 등^{1,22)}의 선행연구에서 추천하는 물성 외에도 접촉각 측정, 샤크핀 시험, 쇼어 D 경도 시험도 추가해야 될 것으로 사료되었다.

5. 결론

본 연구는 알맞은 교합인기재를 선택하고 교합인기를 정확히 채득하여 보철수복물을 성공적으로 제작하기 위한 방안으로, 5종의 부가중합형 실리콘 교합인기재를 사용하여 접촉각 측정, 샤크핀 시험, 쇼어 D 경도를 측정하고 비교하여 다음과 같은 결과를 얻었다.

1. 접촉각은 EX가 99.23°로 가장 높게 나타났고 통계적으로 유의한 차이가 없었다($p>0.05$).
2. 샤크핀 시험은 RE가 5.45mm로 가장 높게 나타났고, SI가 0.27mm로 유의하게 가장 낮게 나타났으며($p<0.05$), PF는 BM, RE와, RE는 나머지 재료들과, SI는 PF를 제외한 나머지 재료들과, EX는 BM과 PF를 제외한 나머지 재료들과, BM은 EX를 제외한 나머지 재료들과 집단들의 평균이 통계적으로 유의한 차이가 있는 것으로 나타났다($p<0.05$).

3. 쇼어 D 경도는 SI가 31.0으로 가장 높게 나타났고, RE가 16.4로 유의하게 낮게 나타났으며($p<0.05$), RE는 나머지 재료들과, PF와 EX는 BM, RE, SI와, BM과 SI는 각각 나머지 재료들과 집단들의 평균이 통계적으로 유의한 차이가 있는 것으로 나타났다($p<0.05$).

4. 접촉각 측정, 샤크핀 시험 및 쇼어 D 경도 측정값의 상관관계를 보면, 쇼어 D 경도와 샤크핀 시험과는 음의 상관관계를 보였다($r=-0.823$, $p<0.001$).

이상의 결과로 성공적인 보철수복물을 제작하기 위한 교합인기재는 지대치에 수분이 있어도 교합을 인기할 수 있도록 접촉각이 낮고, 샤크핀 시험 시 흐름성이 우수하며, 쇼어 D 경도가 높아 탄성이 낮은 재료를 선택해야 할 것으로 사료되었다.

참고문헌

1. Young-Ok Lee, Sang-Bae Lee, Kyoung-Nam Kim. Comparison of Properties of Elastomeric Interocclusal Recording Materials. J Kor Res Soc Dent Mat 2010;37(1):75-86.
2. Ghazal M, Albashaireh ZS, Kern M. The ability of different materials to reproduce accurate records of interocclusal relationships in the vertical dimension. J Oral Rehabil 2008;35(11):816-20.
3. Dental Materials Research Society of Dental Hygienics. Advanced Dental Materials. Seoul: Komoonsa;2009:116-118.
4. Ji-Myung Bae, Kwang-Mahn Kim, Woo-Jin Kang, Kyoung-Nam Kim. Comparison of different interocclusal recording materials. J Kor Res Soc Dent Mat 1995;22(2):187-195.
5. Fattore L, Malone WF, Sandrik JL, Mazur B, Hart T. Clinical evaluation of the accuracy of interocclusal recording materials. J Prosthet

- Dent 1984;51(2):152-157.
6. Lassila V. Comparison of five interocclusal recording materials. *J Prosthet Dent* 1986;55(2): 215-218.
7. Millstein PL. Accuracy of laminated wax interocclusal wafers. *J Prosthet Dent* 1985;54(4):574-577.
8. Vergos VK, Tripodakis AP. Evaluation of vertical accuracy of interocclusal records. *Int J Prosthodont* 2003;16(4):365-368.
9. Chai J, Leong DK, Pang IC. An investigation of the rheological properties of several interocclusal registration materials. *J Prosthodont* 1994;3(3): 134-137.
10. Michalakis KX, Pissiotis A, Anastasiadou V, Kapari D. An experimental study on particular physical properties of several interocclusal recording media. Part I: consistency prior to setting. *J Prosthodont* 2004;13(1):42-46.
11. Chai J, Tan E, Pang IC. A study of the surface hardness and dimensional stability of several intermaxillary registration materials. *Int J Prosthodont* 1994;7(6):538-542.
12. Siddiqui A, Braden M, Patel MP, Parker S. An experimental and theoretical study of the effect of sample thickness on the Shore hardness of elastomers. *Dent Mater* 2010;26(6):560-564.
13. Guiotti AM, Goiato MC, dos Santos DM. Evaluation of the Shore A hardness of silicone for facial prosthesis as to the effect of storage period and chemical disinfection. *J Craniofac Surg* 2010; 21(2):323-327.
14. Meththananda IM, Parker S, Patel MP, Braden M. The relationship between Shore hardness of elastomeric dental materials and Young's modulus. *Dent Mater* 2009;25(8):956-959.
15. Balkenhol M, Wostmann B, Kanehira M, Finger WJ. Shark fin test and impression quality: a correlation analysis. *J Dent* 2007;35(5):409-415.
16. German MJ, Carrick TE, McCabe JF. Surface detail reproduction of elastomeric impression materials related to rheological properties. *Dent Mater* 2008;24(7):951-956.
17. Balkenhol M, Eichhorn M, Wostmann B. Contact angles of contemporary type 3 impression materials. *Int J Prosthodont* 2009;22(4): 396-398.
18. Lorren RA, Salter DJ, Fairhurst CW. The contact angles of die stone on impression materials. *J Prosthet Dent* 1976;36(2):176-180.
19. 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(3):240-248.
20. Chong YH, Soh G, Setchell DJ, Wickens JL. Relationship between contact angles of die stone on elastomeric impression materials and voids in stone casts. *Dent Mater* 1990;6(3): 162-166.
21. Walker MP, Wu E, Heckman ME, Alderman N. Vertical dimensional stability and rigidity of occlusal registration materials. *Gen Dent* 2009; 57(5):514-518.
22. Young-Ok Lee, Sang-Bae Lee, Kyoung-Nam Kim. Physical and Mechanical Properties of Elastomeric Interocclusal Recording Materials. *J Kor Res Soc Dent Mat* 2010;37(4):333-340.
23. Vergos VK, Tripodakis AP. Evaluation of vertical accuracy of interocclusal records. *Int J Prosthodont* 2003;16(4):365-368.
24. Yong-Jun Park, Yong-Keun Lee, Ho-Nam Lim, Ho-Jun Song. Phillips' Science of Dental Materials. 11 ed. Seoul:Charmyun Publishing;2006:38.
25. Extrand CW, Moon SI. Contact angles of liquid drops on super hydrophobic surfaces: understanding the role of flattening of drops by gravity. *Langmuir* 2010;26(22):17090-17099.