

비이온성 계면활성제의 첨가가
부가중합형 실리콘 인상재의
물성에 미치는 영향

연세대학교 대학원
치의학과
황수영

비이온성 계면활성제의 첨가가
부가중합형 실리콘 인상재의
물성에 미치는 영향

지도교수 김 경 남

이 논문을 석사학위 논문으로 제출함

2002년 12월 일

연세대학교 대학원
치의학과
황 수 영

황수영의 석사 학위논문을 인준함

심사위원 _____

심사위원 _____

심사위원 _____

연세대학교 대학원

2002년 12월 일

감사의 글

드디어 논문의 마지막 단계인 감사의 글을 쓰게 되니 너무나 기쁩니다. 그리고...고마운 분이 너무나 많습니다. 2001년 봄, 치과재료학이라는 과목이 정확히 무엇을 배우고 연구하는 건지 잘 모르고 들어온 제게 배움의 길을 열어주시고, 게으름을 피울 때 마다 채찍질 하여주신 김경남 교수님께 깊은 감사를 드립니다. 그리고, 논문을 쓰는데 있어 자상하고 세심한 조언을 해주시고 지도해 주신 김광만 교수님과 이근우 교수님께도 진심으로 감사드립니다.

작년부터 막연히 정했던 논문의 테마를 가지고 실제 실험하고, 논문을 쓰는데 아이디어를 제공해 주셨고, 실험하고 논문을 쓰면서 가장 많이 귀찮게 해 드린 이덕연 교수님과 오영일 선생님께 감사의 말씀을 드립니다. 재료공학 수업 때 공학적인 이해력 부족으로 많이 어려웠던 교재를 쉽고 명료하게 강의해 주신 이용근 교수님께 감사 드립니다. 연세대학교와는 대학원에 와서 처음 인연을 맺은 터라 교풍에 많이 낯설어하고, 상황판단을 잘 못하고 있으면 알 수 있게 자상히 설명해 주신 이상배 선생님께 감사 드립니다. 교실에 전화하면 늘 친절히 먼저 받으시고, 자주 물어봐도 귀찮은 내색 안 하시는 김남이 선생님, 실험할 때 뭐가 어디 있는지 언제나 친절히 가르쳐 주신 이영주 선생님과 김연웅 선생님께도 감사 드립니다. 또, 슬라이드 스캔할 때 도와주고 잃어버린 슬라이드 찾아준 정민씨에게도 감사 드립니다.

지면에 다 언급하진 못했지만 언제나 웃음으로 저를 맞아주신 재료학 교실 선생님들 모두에게 정말 감사 드립니다. 마지막으로, 오늘날까지 평탄하게 학업을 이루어 나갈 수 있게 도와주신 부모님과 논문 쓴다고 바쁜 척 할 때 많이 도와준 고대 병원 치과 식구들에게도 감사의 마음을 전합니다.

2003년 2월
황수영 드림

차 례

그림 및 표 차례	iii
국문요약	vi
I. 서론	1
II. 연구 재료 및 방법	
1. 연구재료	
가. 부가중합형 실리콘 인상재의 제조	4
나. 시판중인 부가중합형 실리콘 인상재	6
2. 연구방법	
가. 접촉각 평가	6
나. 접촉각에 영향을 미치는 요인 평가	7
(1) 계면활성제 분산크기 측정	7
(2) 계면활성제의 표면농도	7
(3) 필러의 첨가가 접촉각에 미치는 영향	7
(4) 계면활성제의 접촉각 측정	7
다. 물성평가	8
(1) 미세부 재현성 평가	8
(2) 크기 안정성 평가	9
(3) 석고와의 친화성 시험	9
(4) 점주도 시험	10
라. 통계분석	11
III. 연구 결과	
1. 접촉각 평가	
가. 계면활성제의 농도와 종류에 따른 접촉각	12
나. 시판중인 부가중합형 실리콘 인상재와의 비교	16
2. 접촉각에 영향을 미치는 요인 평가	

가. 계면활성제 분산크기 측정	18
나. 계면활성제의 표면농도	19
다. 필러의 첨가가 접촉각에 미치는 영향	20
라. 계면활성제의 접촉각 측정	21
3. 물성평가	
가. 미세부 재현성 평가	21
나. 크기 안정성 평가	23
다. 석고와의 친화성	23
라. 점주도 시험	24
IV. 총괄 및 고찰	26
V. 결론	32
참고문헌	34
영문 요약	36

그림 차례

Fig. 1. Schematic diagram of nonylphenoxy poly(ethylene) ethanol homologs	4
Fig. 2. Stainless steel die for testing dimensional change and rubber ring for stone die	8
Fig. 3. Apparatus for measuring linear change of impression materials	9
Fig. 4. Apparatus for determining consistency	10
Fig. 5. Contact angles of probe liquid (D.I. water) on silicone impression materials incorporated with different amount of NP4, NP6 and NP10	14
Fig. 6. Photographs of contact angles of deionized water on the impression materials at 2 minutes	15
Fig. 7. Contact angle of deionized water on silicone impression materials after 2 minutes	17
Fig. 8. Dispersion features of NP4, NP6 and NP10	18
Fig. 9. SEM images of surfaces of surfactant-modified polyvinyl siloxane impression materials after extraction of surfactants	19
Fig.10. Effect of filler on contact angle of silicone impression materials	20
Fig.11. Detail reproduction of silicone impression materials	22
Fig.12. Bar graphs of consistency of silicone impression materials	25
Fig.13. Schematic diagram of crosslinking mechanism	26
Fig.14. Relationship of dispersion size of surfactant and wettability of silicone impression materials	28

표 차례

Table 1. Basic composition of addition silicone impression material	5
Table 2. Nonionic surfactants used in this study	5
Table 3. Commercial hydrophilic addition silicone impression materials used in this study	6
Table 4. Scoring criteria (compatibility with gypsum)	10
Table 5. Contact angles of deionized water on silicone impression materials after 2 minutes	13
Table 6. Contact angles of deionized water on commercial silicone impression materials after 2 minutes	16
Table 7. Contact angles of nonionic surfactants on silicone impression materials	21
Table 8. Linear dimensional change of silicone impression materials	23
Table 9. Compatibility with improved stone and detail reproduction	24
Table10. Consistency of silicone impression materials	25

국문 요약

비이온성 계면활성제의 첨가가 부가중합형 실리콘 인상재의 물성에 미치는 영향

부가중합형 실리콘 인상재의 표면활성도는 인상채득 시 체적 안정성과 정확한 석고 모형재를 얻는데 중요한 역할을 한다. 본 연구에서는 비이온성 계면활성제가 부가중합형 실리콘 인상재의 친수성에 미치는 영향을 고찰하였다. 비이온성 계면활성제는 ethylenoxy 사슬 길이에 따라 3종류의 nonylphenoxy poly(ethylenoxy) ethanol을 ethylenoxy 그룹 몰수에 따라 4몰(NP4), 6몰(NP6), 10몰(NP10)을 부가중합형 실리콘 인상재를 제조할 때 첨가하였다. 계면활성제가 함유된 부가중합형 실리콘 인상재의 접착각은 탈이온수(Deionized water)를 이용하여 측정하였으며, 이들과 현재 시판중인 제품들인 Aquasil XLV(Dentsply Co.,USA; AQ), Exahiflex(GC Co.,Japan; EX), Silagum(DMG Co.,Germany; SI), Perfect-F(Handae Chemical Co.,Korea; PE)의 접착각, 미세부 재현성, 크기 안정성, 석고와의 친화성 및 점주도를 측정 비교하여 다음과 같은 결과를 얻었다.

1. 접착각 측정 결과, 부가중합형 실리콘 인상재 안에 함유된 비이온성 계면활성제들은 인상재의 친수성을 향상시켰다. 특히, 1.5 wt%를 사용한 경우 NP4를 함유한 인상재의 접착각은 NP6와 NP10보다 유의성 있게 작았다($P<0.05$).

2. 시판제품과 비교 시 NP4(1.5 wt%), NP6(1.5 wt%)를 함유한 인상재의 접착각은 EX와 PE보다는 유의성 있게 높았으나($P<0.05$), AQ와 SI보다는 유의성 없이 낮았다($P>0.05$).

3. 계면활성제의 분산크기는 NP4를 함유한 인상재가 가장 작았다. 또한, 인상재 표면으로 NP4 계면활성제가 NP6, NP10 계면활성제 보다 상대적으로 많이 노출되었다.

4. 인상재에 사용한 필러는 접촉각에 유의성 있게 영향을 미치지 않았다 ($P>0.05$).

5. 부가중합형 실리콘 인상재 표면에서 계면활성제의 접촉각을 측정한 결과, NP4 계면활성제가 NP6, NP10 계면활성제 보다 낮은 접촉각을 나타내었다.

6. 미세부 재현성, 크기 안정성, 점주도 평가에서 NP계열 인상재는 서로 유의차가 없었고, 기존 제품과도 유의차가 없었다($P>0.05$).

7. 석고와의 친화성 평가에서는 NP4를 함유한 인상재와 EX가 가장 많은 수로 미세선의 완전한 재현을 이루었다.

이상의 결과로 계면활성제 고유의 친수성보다는 분산크기와 표면농도가 계면활성제가 첨가된 부가중합형 실리콘 인상재의 표면활성에 가장 큰 영향을 미치는 것을 알 수 있었으므로 이 점에 착안하여 부가중합형 실리콘 인상재를 개발한다면 치과임상에서 보다 많은 발전을 이룰 수 있을 것으로 사료된다.

핵심되는 말: 부가중합형 실리콘 인상재, 친수성, 비이온성 계면활성제,
분산크기, 표면농도

비이온성 계면활성제의 첨가가 부가중합형 실리콘 인상재의 물성에 미치는 영향

<지도 김 경 남 교수>

**연세대학교 대학원 치의학과
왕 수 영**

I. 서 론

최근 치과 생체재료 산업의 지속적인 관심 속에서 이에 부응하여 삶의 질을 향상시키기 위한 연구가 활발히 진행되고 있다. 이러한 치과 생체재료들 중 매우 중요한 것 가운데 하나가 인상재이고, 이는 구강조직의 음형을 정확히 인기할 수 있어야 한다.

현재 치과에서 사용되는 인상재는 많은 종류가 있으며, 고무인상재는 이러한 인상재 중 가장 많은 연구와 발전을 보이고 있는 분야로, 현재 치과 보철치료과정에서 없어서는 안될 중요한 재료로서 자리잡았다(Kim 등, 2001). 이러한 고무 인상재 중 부가중합형 실리콘 인상재는 인상채득 시 정밀도가 높고, 경화 후 크기변화가 적기 때문에 현재 임상에서 가장 많이 선호하고 있다.

Eames 등(1979)은 수종의 고무인상재에 대한 체적안정성 시험에서 폴리설파이드, 폴리이썬에 비하여 30분, 24시간 후의 체적 변화율의 차이가 부가중합형 실리콘 인상재에서 가장 적게 나타났다고 보고하였다. 실리콘 인상재는 대부분의 유기화합물들과 같이 탄화수소라는 소수기를 가지므로 젖음성이 떨어진다. 이러한 문제점을 개선하기 위하여 친수성 부가중합형 실리콘 인상재가 개발되었는데, 이는 종래 소수성 실리콘 인상재에 친수성 기능기를 도입한 것으로 소수성이 개선되면서 동시에 정밀 인상이 가능해져 현재 널리 사용되고 있다. 그러나 이들 제품이 아직도 임상에서 젖음성과 혼합 시 발생하는 수소가스에 대한 제거 능력, 인상채득 후 수축현

상으로 인한 체적 안정성 면에서 만족스럽지 못한 실정이어서 그에 따른 많은 연구가 지속적으로 진행되고 있다(고 등, 1995; Ciesco 등, 1981).

이상에서 언급된 부가중합형 실리콘 인상재의 가장 큰 문제점으로 지적되고 있는 낮은 젖음성에 관한 부분은 일반적으로 계면활성제를 이용해 개선시키고 있다. Dennis 등(1991)은 수종의 고무인상재에 대한 석고모형 내의 기포수 측정과 접촉각 비교를 통해 계면활성제를 첨가하지 않은 부가중합형 고무인상재와 축합형 고무인상재가 모두 폴리에틸렌에 비하여 높은 접촉각을 가진다고 보고하였다. 일반적으로 인상재의 젖음성, 친수성은 주로 치은연하 부위에서 문제가 되는데 이 부위는 타액, 혈액 등에 의해 잘 씻기지 않는 biofilm을 형성하게 되기 때문이라고 보고한 바 있다(Chong 등, 1990). 그 후, Vassilakos 등(1993)은 임상과 유사한 상황을 만들기 위해 경화된 인상재 시편을 타액에 담근 후 석고 die를 만들고 기포수를 측정하였다. 근본적으로 계면활성제는 소수기와 친수기를 모두 지니고 있기 때문에 소수기와 친수기의 작용력에 따라 계면활성제의 성능 및 응용이 결정되게 된다(국 등, 1993; Sharpe 등, 1964). 일반적으로 계면활성제를 첨가하면 표면장력이 낮아져 젖음성이 향상된다. 비이온성 계면활성제는 이온화하지 않으므로 반대 이온에 대한 영향을 받지 않으며, 산이나 알칼리 및 기타의 극성 물질의 영향을 받지 않고 충분히 능력을 발휘할 수 있다는 점에서 선택되었다. Norling과 Reisbick(1979)은 폴리설파이드와 실리콘 인상재에 비이온성 계면활성제인 nonylphenoxy poly (ethylen-oxy) ethanol homologs를 첨가해서 처리하지 않은 인상재와 비교 시 접촉각이 유의할 만한 감소가 일어난다고 보고하였다. 또한, nonylphenoxy ethanol 몰수가 증가할수록 계면활성제 자체의 친수성이 증가하지만 접촉각은 오히려 커지는 현상을 발견하였다. 그리고 이를 계면활성제 선택의 문제로 해석하고 그 기전에 대한 의문을 제시하였다.

본 연구에서는 비이온성 계면활성제인 폴리에틸렌글리콜(에틸렌 옥사이드) 계면활성제를 이용하여 인상재를 제조하고, 이의 물성을 기존의 시판되고 있는 인상재와 비교하였다. 이제까지 인상재의 친수성 실험은 대부분 기존 제품들이나, 서로 다른 종류의 인상재(폴리에틸렌과 폴리설파이드, 부가중합형 실리콘 인상재 등)를 비교하는 것이 대부분이었다(Dennis 등, 1991; Chong 등, 1990). 그러므로 기존의 논문에서 연구한 인상재는 구성하고 있는 성분들이 서로 다르기 때문에 그에 따른 흐름

성이 달라지게 된다. 이렇듯, 서로 다른 흐름성을 지닌 제품들의 표면 친수성이 미세부 재현성 및 석고와의 친화성에 미치는 영향을 살펴 본 것이기 때문에 정확히 친수성만의 영향을 고찰하였다고 말할 수 없다. 본 연구에서는 계면활성제를 제외한 모든 성분들을 동일한 함량으로 부가중합형 실리콘 인상재에 첨가, 제조하여 계면활성제가 인상재의 표면 친수성에 미치는 영향을 시험하였다. 또한 비이온성 계면활성제가 실리콘 인상재의 친수성을 향상시키는 기전에 대해 연구하였다.

II. 연구재료 및 방법

1. 연구재료

가. 부가중합형 실리콘 인상재의 제조

본 연구에서 사용된 부가중합형 실리콘 인상재는 상온 경화형으로서 말단에 vinyl기를 함유한 선형의 polydimethylsiloxane(Silopren U, Bayer, Germany)을 vinyl함량과 분자량에 따라 5종류로 분류된 실리콘을 사용하였고, 가교제로는 vinyl기를 함유하고 실록산 매트릭스에 Si-H 그룹을 함유하고 있는 Silopren U-230 (Bayer, Germany)을 사용하였다. 촉매제는 실록산 매트릭스에 vinyl기를 함유한 백금 복합체(Silopren U-Pt/D, Bayer, Germany)를 사용하였고, 보강재와 첨가제로는 SiO₂(HS-101, Han All, USA)와 Al₂O₃(Sumitomo, Japan) 및 규조토를 사용하였으며, base와 catalyst의 조성비를 Table 1과 같이 확립하였다. 또한 본 연구에서는 비이온 형태의 계면활성제인 nonylphenoxy poly(ethyleneoxy) ethanol homologs(한농화성, 한국)를 사용하였고(Fig. 1), ethylene oxide의 몰수에 따라 NP4, NP6, 그리고 NP10으로 분류하였으며 ‘친수성과 친유성의 조화’ 값(hydrophilic-lipophilic balance, HLB)은 Table 2에 나타내었다. HLB값은 친수성의 퍼센트 값을 5로 나눈 수치로 값이 클수록 친수성이 큼을 나타낸다.

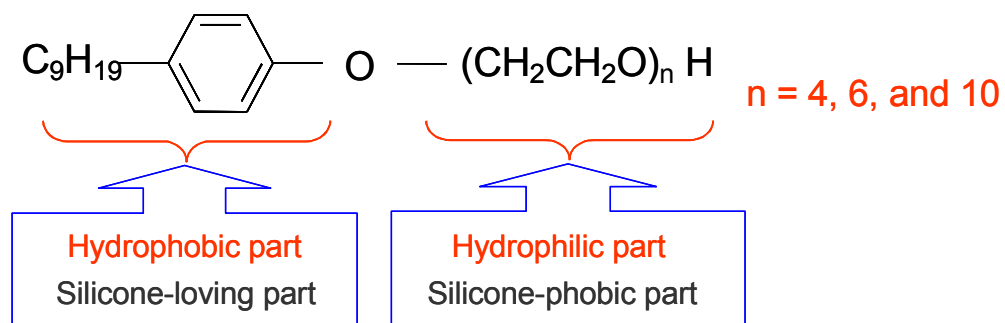


Fig. 1. Schematic diagram of nonylphenoxy poly(ethylene) ethanol homologs.

Table 1. Basic composition of addition silicone impression material

	Base (wt%)	Catalyst (wt%)
Vinyl-terminated Polysiloxane prepolymers	56.3	61.6
Crosslinking agent (silane)	6.7	–
Silopren U-pt/D	–	0.3
Surfactant	–	variable*
SiO ₂	37.0	–
Al ₂ O ₃	–	30.0
Diatomite	–	6.5

* 0.5, 1.5, and 2.5 wt% based on Catalyst part

Table 2. Nonionic surfactants used in this study

Surfactants	Formula	HLB*
NP4	C ₉ H ₁₉ C ₆ H ₄ O(CH ₂ CH ₂ O) ₄ H	8.8
NP6	C ₉ H ₁₉ C ₆ H ₄ O(CH ₂ CH ₂ O) ₆ H	10.8
NP10	C ₉ H ₁₉ C ₆ H ₄ O(CH ₂ CH ₂ O) ₁₀ H	13.2

*HLB : hydrophilic-lipophilic balance from M.Ash, I. Ash, “Handbook of Industrial Surfactants” Gower Publishing Co., 1993.

나. 시판중인 부가중합형 실리콘 인상재

본 연구를 통해 제조된 부가중합형 실리콘 인상재와 현재 치과에서 널리 사용되고 있는 4종류의 부가중합형 실리콘 인상재간의 물성을 비교분석 하였다. 실험에 사용한 제품은 자동혼합형 친수성 실리콘 인상재 제품이었다(Table 3).

Table 3. Commercial hydrophilic addition silicone impression materials used in this study

	Code	Type	Company
Aquasil XLV	AQ	light body	Dentsply Co., USA
Exahiflex	EX	light body	GC Co., Japan
Silagum	SI	light body	DMG Co., Germany
Perfect-F	PE	light body	Handae Chemical Co., Korea

2. 연구방법

NP계열의 비이온성 계면활성제에 대해 몰수와 농도를 달리하여 제조한 부가중합형 실리콘 인상재를 실험군으로, 기존의 부가중합형 실리콘 인상재 제품을 대조군으로 하여 다음의 물성들을 비교 평가하였다.

가. 접촉각 평가

인상재를 혼합하여 40 mm × 20 mm × 2 mm의 직사각형 mould에 주입시켰다. 이 위에 슬라이드 글라스를 덮고 1 kg의 하중을 가하여 상온에서 제조회사가 제시한 경화시간과 동일하게 경화시켰다. 젖음성 평가를 위해 인상재 시편의 표면을 최대한 매끄럽고 청결한 상태로 유지한 후 상온에서 탈이온수(deionized water)를 떨어

뜨리고 접착각이 평형상태에 도달하는 2분 후에 접착각 측정기(Kruss G10-system, Kruss Company, Hamburg, Germany)로 접착각을 측정하였다. 본 실험에서는 NP 계열 계면활성제의 농도와 종류에 따른 영향을 평가하였으며 시판 부가중합형 실리콘 인상재와 비교 시험하였다.

나. 접착각에 영향을 미치는 요인 평가

(1) 계면활성제 분산크기 측정

본 연구에 사용된 각각의 계면활성제들을 실리콘 pre-polymer 내에 분산시킨 후 분산된 계면활성제의 입자크기를 광학현미경(Sony XC-721, Japan)을 이용하여 관찰하였다.

(2) 계면활성제의 표면농도

계면활성제를 첨가한 부가중합형 실리콘 인상재 시편을 ethyl alcohol 용액에 24 시간 동안 침적시켜 시편 표면의 계면활성제를 제거하였다. 이 표면의 상태를 주사 전자현미경(scanning electron microscopy, SEM)(S4200, Hitachi Co., Japan)으로 관찰하였다.

(3) 필러의 첨가가 접착각에 미치는 영향

1.5 wt%의 NP4, NP6, NP10을 함유한 인상재 내에서 필러를 첨가한 인상재와 필러가 없는 인상재 간의 접착각 차이를 관찰하였다.

(4) 계면활성제의 접착각 측정

앞의 접착각 평가 방법과 동일하게 인상재 시편을 제작하여 NP4, NP6, NP10 계면활성제를 시편에 떨어뜨려 접착각을 측정하였다.

다. 물성 평가

(1) 미세부 재현성 평가

스테인리스강으로 제작한 미세선 시험블럭 및 링몰드(Fig. 2)를 준비하고 인상재를 주입한 후 슬라이드 글라스를 덮고 1 kg의 하중을 가한 후, 37℃, 100 %습도의 수조에서 경화시켰고, 제조회사에서 지시한 시간에서 2분이 경과한 후에 인상체를 제거하였다. 인상재 종류 당 5개씩의 시편을 만들었고, 인상을 채득한 후에는 모형을 ethyl alcohol로 세척한 후 건조시켰다. 인상채득 후, 20 μm , 50 μm , 75 μm 의 미세선의 재현여부를 인상체 상에서 비교하였다. 렌즈 및 조명은 10배 확대 및 저각 조명으로 패선이 그려진 시험블럭의 2개의 횡선 사이에 있는 종선의 부분을 관찰하였다. 이 때, 두 개의 횡선사이에 끊임이 없는 선이 있으면, 재현가능성이 있는 것으로 간주하였다.

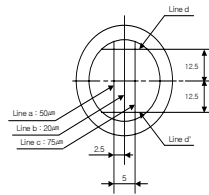


Fig. 2. Stainless steel die for testing dimensional change and rubber ring for stone die.

(2) 크기 안정성 평가

미세부 재현성 평가를 위한 모형(Fig. 2)에서 중앙의 20 μm 선 (line b) 길이를 인상체 상에서 5개의 시편을 만들어 3회 측정하였다. 측정은 오차범위가 0.1 μm 까지인 미세거리 측정 현미경 (Mearsurescope MM-II, Nikon, Tokyo, Japan)을 이용하였다(Fig. 3).



Fig. 3. Apparatus for measuring linear change of impresssion materials (Mearsurescope MM-II, Nikon, Tokyo, Japan).

(3) 석고와의 친화성 시험

인상체를 제거하고 30분이 경과한 후, Fig. 2의 rubber ring을 이용하여 석고를 주입하였다. 시판되는 IV형 석고(FUJIROCK GC. Co., Japan)를 최소 50 g 취하였다. 석고는 진공에서 증류수와 30초간 혼합하였다. 5개의 인상체는 한 사람에 의해 vibrator를 이용하여 석고를 한쪽 끝에서 부어, 30초안에 다른 쪽 끝으로 흘러 들어가도록 주입하였다. 20 μm 미세선 재현정도는 미리 만들어진 기준에 따라 분류하였다(Table 4).

Table 4. Scoring Criteria (Compatibility with gypsum)

Score	Criteria
A	continuously and precisely reproduced 20 μm line
B	continuously reproduced 20 μm line, but imprecisely
C	reproduced 20 μm line, but discontinuously and imprecisely
D	not reproduced at all

(4) 점주도 시험

2개의 유리판을 준비하여 첫 번째 유리판에 혼합한 재료를 올려놓고, 그 위에 두 번째 유리판을 덮고, 혼합이 끝난 30초 후에 최소한의 마찰로 수직 방향으로 움직일 수 있는 하중장치(Fig. 4)로 1500 g 하중을 가하였다. 5초 후에 하중을 제거하고, 디스크의 원판을 서로 직각이 되게 두 개의 직경을 0.5 mm 단위로 측정하였다. 이와 같은 실험을 3회 시행하여 가장 비슷한 직경을 가진 6개의 평균값으로 구하였다.



Fig. 4. Apparatus for determining consistency.

라. 통계분석

제품간의 접촉각과 크기 안정성, 점주도의 유의성 검정을 위하여 비모수적 통계 방법인 Kruskal-Wallis Test를 사용하였고, 사후검정법으로 Tuckey grouping을 사용하였다. 또한, 필러의 첨가여부에 따른 접촉각의 변화를 검정하기 위하여 paired T-test를 실시하였다. 모든 통계처리는 95% 이상의 유의수준에서 검정하였다.

Ⅲ. 연구결과

1. 접촉각 평가

가. 계면활성제의 농도와 종류에 따른 접촉각

Table 5와 Fig. 5에서 알 수 있듯이 계면활성제를 함유하지 않은 대조군의 인상재에서는 접촉각이 104.9°로 뚜렷한 소수성을 나타내었다.

NP4 계면활성제의 농도를 변화시켜 제조한 실리콘 인상재의 접촉각을 측정한 결과 0.5 wt%첨가 시에는 74.3°로 측정되었으나, 농도가 증가하면서 접촉각이 감소하다가 2.5 wt%에서는 33.9°를 나타내었다. 따라서, 계면활성제의 농도가 증가할수록 접촉각이 유의차 있게 작아지는 결과를 보였다($P < 0.05$). 그러나 1.5 wt%까지의 농도 증가는 접촉각의 감소와 관계가 있었지만, 2.5 wt%에서는 접촉각은 감소하였으나 통계학적으로 유의성이 없는 결과를 보였다($P > 0.05$).

NP6 계면활성제의 농도를 변화시켜 제조한 실리콘 인상재의 접촉각을 측정한 결과에서는 0.5 wt% 첨가 시에는 77.3°, 1.5 wt%첨가시에는 40.9°, 2.5 wt%에서는 35.8°를 나타내어 계면활성제의 농도가 증가할수록 접촉각이 유의성있게 작아졌다($P < 0.05$).

NP10 계면활성제의 농도를 변화시켜 제조한 실리콘 인상재의 접촉각을 측정한 결과에서는 0.5 wt% 첨가 시에는 83.2°, 1.5 wt%첨가시에는 68.3°, 2.5 wt%에서는 59.8°를 나타내어 계면활성제의 농도가 증가할수록 접촉각이 유의성 있게 작아졌다($P < 0.05$).

NP4, NP6, NP10을 함유한 실리콘 인상재에서 모두 같은 농도(1.5 wt%)로 계면활성제를 첨가하였을 때 접촉각을 비교한 결과, NP4를 함유한 실리콘 인상재에서 가장 낮은 접촉각을 보였다(Fig. 6).

Table 5. Contact angles of deionized water on silicone impression materials after 2 minutes

Surfactant type	Experimental Samples	Surfactant Concentration (wt%)	Advanced contact angle(。) Mean±SD	Statistical Analysis
Control	S-0	0.0	104.9±1.74	C
	S-NP4-0.5	0.5	74.3±2.51	A
	S-NP4-1.5	1.5	35.8±1.64	B
	S-NP4-1.5 ^{NF}	1.5	36.7±0.82	B
	S-NP4-2.5	2.5	33.9±1.21	B
NP6	S-0	0.0	104.9±1.74	D
	S-NP6-0.5	0.5	77.3±1.84	A
	S-NP6-1.5	1.5	40.9±1.41	B
	S-NP6-1.5 ^{NF}	1.5	42.5±1.31	B
	S-NP6-2.5	2.5	35.8±1.02	C
NP10	S-0	0.0	104.9±1.74	D
	S-NP10-0.5	0.5	83.2±1.07	A
	S-NP10-1.5	1.5	68.3±1.55	B
	S-NP10-1.5 ^{NF}	1.5	70.6±1.93	B
	S-NP10-2.5	2.5	59.8±2.52	C

^{NF*}: This group was not contain fillers

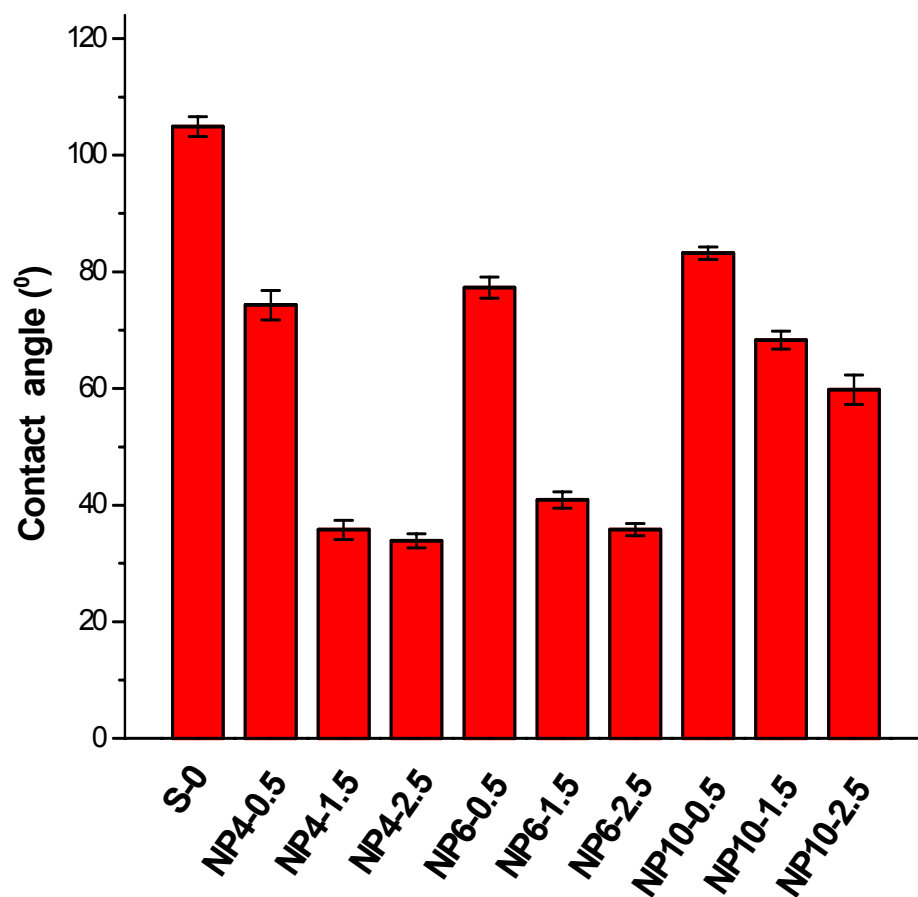
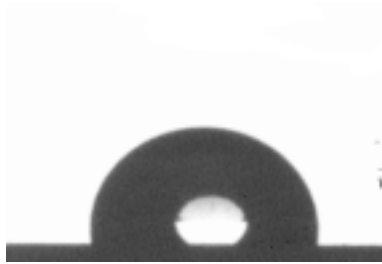
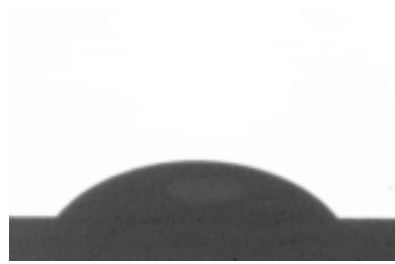


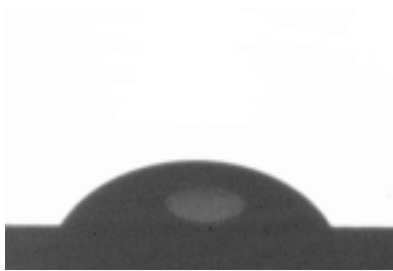
Fig. 5. Contact angles of probe liquid (D.I.water) on silicone impression materials incorporated with different amount of NP4, NP6 and NP10.



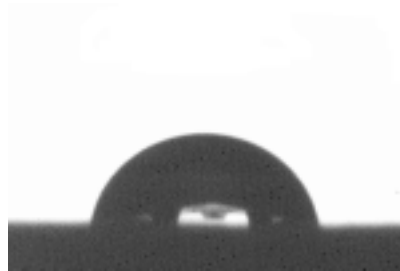
(a) S-0



(b) NP4-1.5



(c) NP6-1.5



(d) NP10-1.5

Fig. 6. Photographs of contact angles of deionized water on the impression materials at 2 minutes.

나. 시판중인 부가중합형 실리콘 인상재와의 비교

경화된 실리콘 인상체 시편에 탈이온수를 떨어뜨렸을 때의 접촉각 평가 결과 Table 6 과 같은 결과를 보였다. 기존 제품들 중 가장 접촉각이 낮은 것은 PE(27.9°)였고, 접촉각이 가장 높은 것은 AQ(43.4°)였다. AQ는 SI와 유의차가 없었고 ($P>0.05$), EX와 PE는 유의차가 없었으나($P>0.05$), AQ와 SI는 EX와 PE에 비해 유의성있게 높은 접촉각을 나타내었다($P<0.05$).

Table 6. Contact angle of deionized water on commercial silicone impression materials after 2 minutes

	Advanced contact angle (°) Mean±SD	Tuckey grouping
AQ	43.4±2.0	B
EX	31.3±3.2	A
SI	39.3±0.6	B
PE	27.9±1.8	A
NP4-1.5	35.8±1.6	B
NP6-1.5	40.9±1.4	B
NP10-1.5	68.3±1.6	C

NP4, NP6, NP10을 실리콘 인상재에 같은 농도로(1.5 wt%) 첨가하여 제조한 후, 기존 제품들의 접촉각과 비교했을 때, NP4와 NP6을 첨가한 실리콘 인상재는 기존제품 중의 SI, AQ와 유의한 차이를 보이지 않았다($P>0.05$). 또한 NP10을 함유한 실리콘 인상재는 기존제품의 접촉각과 비교 시 유의성 있게 높았다($P<0.05$) (Fig. 7).

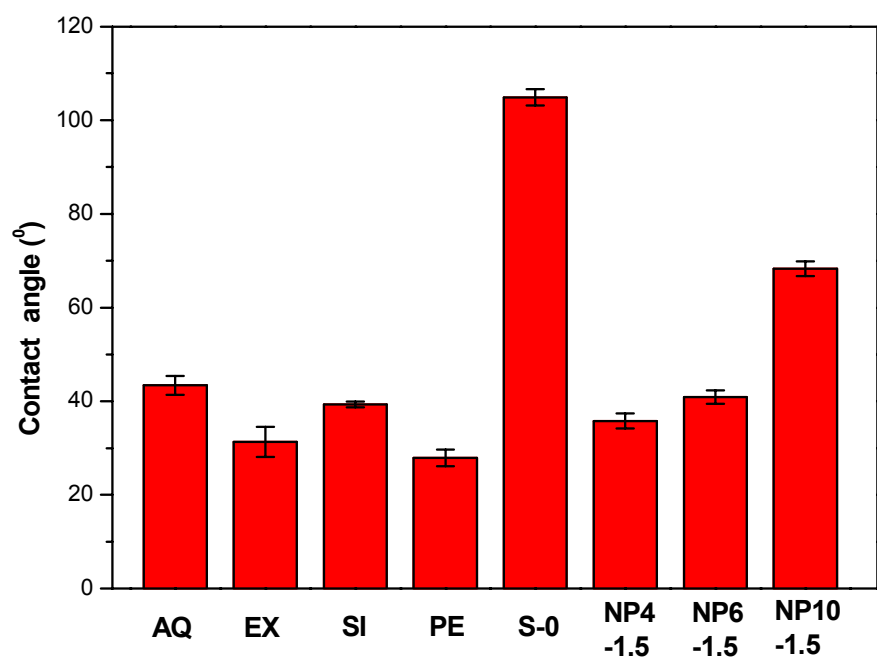


Fig. 7. Contact angles of deionized water on silicone impression materials after 2 minutes.

2. 접착각에 영향을 미치는 요인 평가

가. 계면활성제 분산크기 측정

계면활성제들을 실리콘 pre-polymer 내에 분산시킨 후 분산된 계면활성제의 입자크기를 관찰한 결과, NP4의 분산된 입자크기가 가장 작고 고른 것으로 나타났다 (Fig. 8).

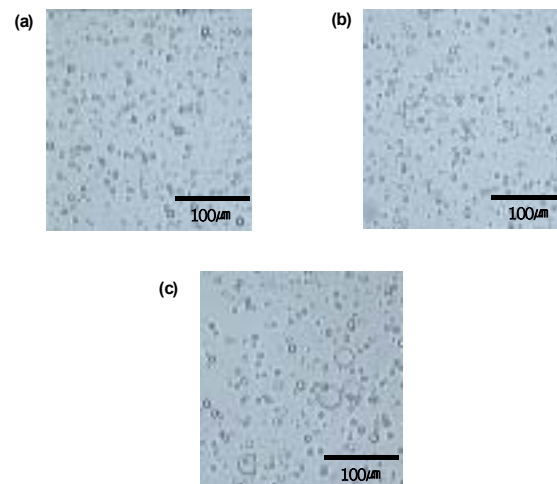
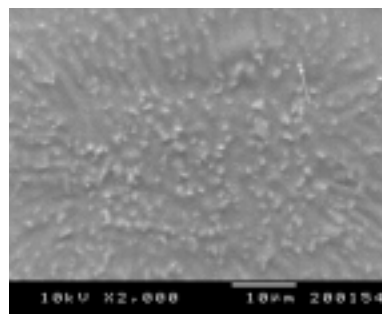


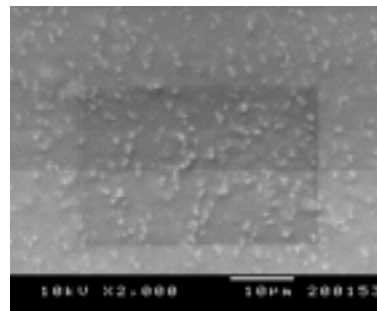
Fig. 8. Dispersion features of (a)NP4-1.5, (b)NP6-1.5 and (c)NP10-1.5.

나. 계면활성제의 표면농도

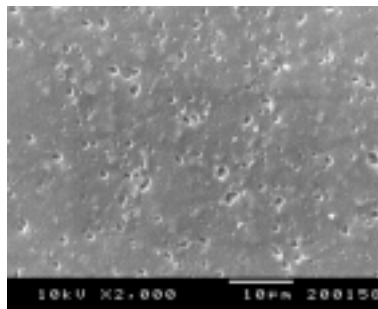
인상재 시편 표면의 계면활성제를 제거한 시편을 SEM으로 관찰한 결과 계면활성제를 첨가하지 않은 대조군에서는 계면활성제 제거처리 전의 모습과 큰 차이가 나타나지 않았다. NP4에서는 계면활성제를 제거한 후 많은 흠이 나타났고, NP10에서는 상대적으로 소수의 흠만이 나타났다. 이로써, 표면에서 계면활성제의 농도가 NP4에서 가장 높은 것으로 나타났다(Fig. 9).



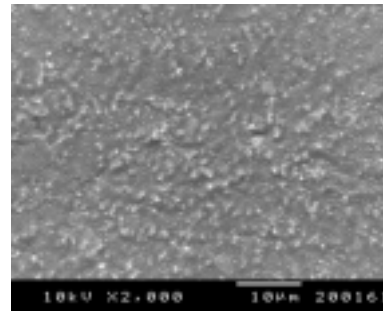
(a)S-0 before extraction



(b)S-0 after extraction



(c)NP4-1.5



(d)NP10-1.5

Fig. 9. SEM images of surfaces of surfactant-modified polyvinyl siloxane impression materials after extraction of surfactants.

다. 필러의 첨가가 접촉각에 미치는 영향

NP4, NP6, NP10 계면활성제를 모두 같은 농도로(1.5 wt%) 첨가하여 제조한 실리콘 인상재에서 필러를 첨가한 그룹과 첨가하지 않은 그룹간의 접촉각을 비교한 결과 통계학적인 유의차가 발견되지 않아 필러의 첨가가 접촉각에 미치는 영향이 없는 것으로 나타났다 ($P>0.05$)(Fig. 10).

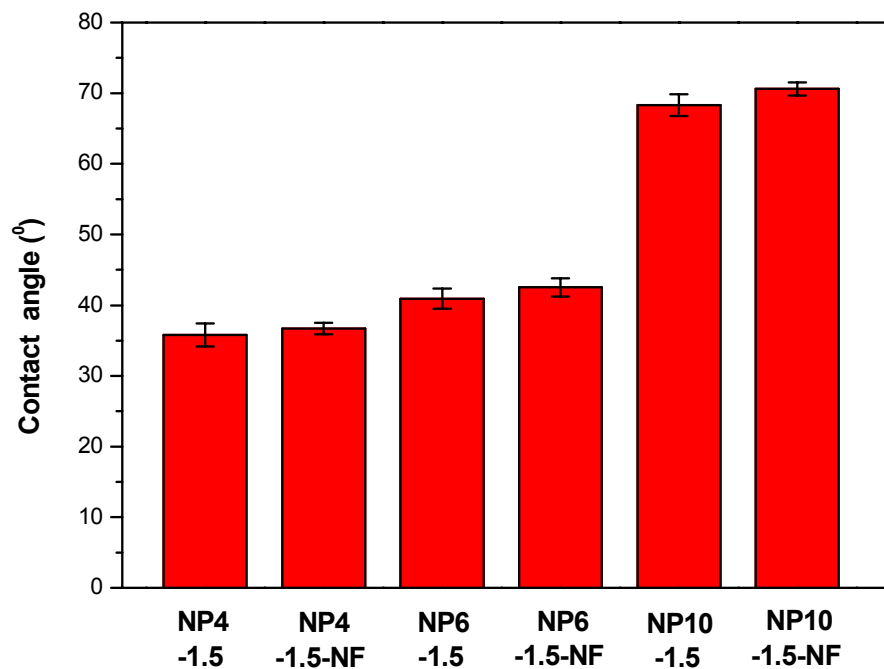


Fig. 10. Effect of filler on contact angles of silicone impression materials.

라. 계면활성제의 접촉각 측정

계면활성제 자체의 친수성은 Table 2의 HLB값에서 볼 수 있듯이 NP10이 가장 크지만, 인상재 시편과의 접촉각을 측정한 결과에서는 NP4가 46.1°로 NP6과 NP10에 비해 유의성 있게 가장 낮은 접촉각을 보였다($P<0.05$).

Table 7. Contact angles of nonionic surfactants on silicone impression materials.

Surfactants	Contact angle of surfactants of silicone(°)	Tuckey grouping
	Mean($\pm$ SD)	
NP4-1.5	46.1($\pm$ 1.10)	A
NP6-1.5	50.9($\pm$ 1.64)	B
NP10-1.5	54.8($\pm$ 1.04)	C

3. 물성평가

가. 미세부 재현성 평가

모든 인상재가 미세선 시험 블록 상의 20 μ m 선을 인상체 상에 명확하게 재현하였다 (Fig. 11).



(1) AQ



(2) EX



(3) SI



(4) PE



(5) NP4-1.5



(6) NP6-1.5



(7) NP10-1.5

Fig. 11. Detail reproduction of silicone impression materials.

나. 크기 안정성 평가

미세부 재현성을 위한 모형에서 중앙의 20 μm 선 길이의 측정으로부터 크기 안정성을 평가한 결과 모든 인상재에서 유의차가 없는 것으로 나타났다($P>0.05$) (Table 8). 따라서, NP계열 함유 인상재를 기존 제품과 비교해 볼 때 크기 안정성 면에서 유사한 결과를 보였다.

Table 8. Linear dimensional change of silicone impression materials

	AQ	EX	SI	PE	NP4 -1.5	NP6 -1.5	NP10 -1.5
Mean ($\pm$ SD) (mm)	24.9238 (± 0.0653)	24.9590 (± 0.0075)	24.9626 (± 0.0033)	24.9610 (± 0.0045)	24.9618 (± 0.0050)	24.9620 (± 0.0032)	24.9629 (± 0.0075)
Tuckey grouping	A	A	A	A	A	A	A

다. 석고와의 친화성 시험

A등급(완전히 끊어지지 않은 미세선 재현)이 가장 많은 인상재는 EX와 NP4였다. 나머지 실험군들 중 PE와 NP10은 A등급이 가장 적고(2개), C가 가장 많아(2개) 다른 인상재에 비해 재현성이 떨어지는 것으로 나타났다. D등급(미세선 재현이 이루어지지 않은 등급)은 어떠한 인상재에서도 나타나지 않았다(Table 9).

Table 9. Compatibility with improved stone and detail reproduction

	A	B	C	D
AQ	3	1	1	0
EX	4	1	0	0
SI	3	1	1	0
PE	2	1	2	0
NP4	4	1	0	0
NP6	3	2	0	0
NP10	2	1	2	0

라. 점주도 시험

점주도 측정 결과 EX만이 타제품과 비교해 볼 때 유의하게 높은 점주도를 보였고($P<0.05$), NP계열 계면활성제를 함유한 실리콘 인상제는 서로 유사한 점주도를 보였다(Table 10)(Fig. 12).

Table 10. Consistency of silicone impression materials

	AQ	EX	SI	PE	NP4 -1.5	NP6 -1.5	NP10 -1.5
Mean($\pm$ SD) (mm)	45.07 ($\pm$ 3.85)	35.23 ($\pm$ 0.35)	48.58 ($\pm$ 1.94)	45.08 ($\pm$ 1.06)	44.87 ($\pm$ 1.24)	41.89 ($\pm$ 0.46)	42.94 ($\pm$ 3.18)
Tukey grouping	A	B	A	A	A	A	A

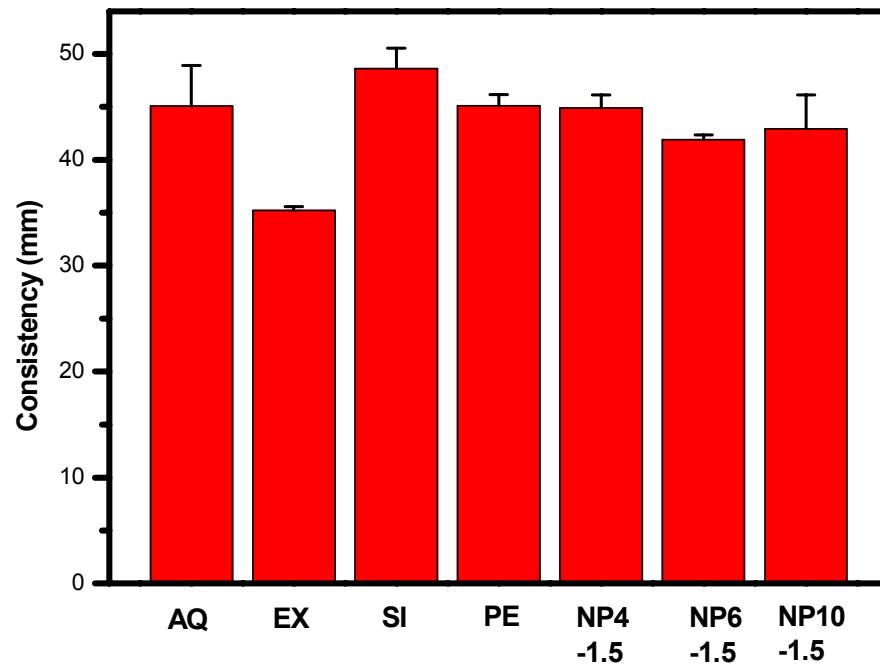


Fig. 12. Bar graph of consistency of silicone impression materials.

IV. 총괄 및 고찰

궁극적으로 적합성이 좋은 보철물을 만들기 위하여 인상재가 갖추어야 할 성질에는 여러 가지가 있지만, 어떤 종류의 인상재도 이상적인 성질을 모두 갖추고 있는 것은 없다.

고무인상재는 폴리설파이드, 폴리에썸, 축합형 실리콘, 부가중합형 실리콘 인상재로 분류된다. 폴리설파이드 인상재는 작업시간이 길지만 냄새와 맛이 불쾌하고, 폴리에썸은 젖음성이 우수하지만, 작업시간이 짧고 경화 후 너무나 견고하여 undercut부위 등에 들어갔을 경우 제거가 힘들다는 단점이 있다. 축합형 실리콘 또한, 반응 부산물이 생기고 젖음성이 좋지 않다는 단점을 지니고 있다. 반면, 부가중합형 실리콘 인상재는 인상채득 시 정밀도가 높고, 경화 후 크기 변화가 적으며 우수한 탄성회복력 등의 많은 장점들을 지니고 있다. 또한, 축합중합형과 달리 경화시 반응부산물을 생성하지 않는 장점(Fig. 13)을 가지고 있다(유 등, 1996). 따라서 현재 임상에서는 부가중합형 실리콘 인상재를 가장 많이 선호하고 있다.

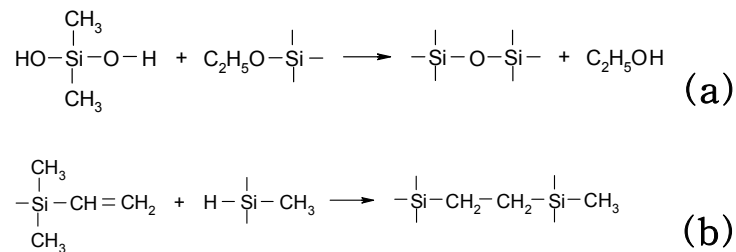


Fig. 13. Schematic diagram of crosslinking mechanism:

(a) Condensation silicone rubber impression material

(b) Addition silicone rubber impression material

그러나 부가 중합형 실리콘 인상재의 단점으로 지적되는 낮은 젖음성을 극복하기 위해 친수성 실리콘 인상재에 대한 연구가 많이 진행되고 있다. Pratten과 Craig(1989) 및 Vassilakos 등(1993)은 친수성 부가중합형 실리콘 인상재와 다른 중

류의 고무인상재의 접촉각을 비교하는 실험에서 친수성 부가중합형 실리콘 인상재가 폴리이써의 젖음성과 유의한 차이를 보이지 않음을 보고하였다. 그러나 Chong 등(1990)은 유사한 실험에서 친수성 부가중합형 실리콘 인상재가 다른 인상재에 비해서는 낮은 접촉각을 보였으나 polyether에 비해서는 현저히 높은 접촉각을 보였다고 하였다.

친수성을 향상시키려는 노력은 계면활성제를 첨가하는 방향으로 진행되어 왔다. 계면활성제를 인상재에 응용하는 방법에는 인상재의 조성 자체에 첨가시키기도 하고, 석고를 붓기 전에 국소적으로 인상재 표면에 도포하는(spray) 방법도 있다. Rajapa와 Rose(1991)는 석고와의 친화성면에서는 이러한 국소적 도포가 훨씬 효과가 좋다고 보고 하였다. 본 연구에서는 인상재 제조 시 계면활성제를 첨가하여 친수성을 부여한 후, 인상재에서 필수적인 물성 중 접촉각, 체적안정성, 미세부 재현성, 석고와의 친화성, 점주도를 기존 제품과 비교하였다.

계면활성제는 일반적으로 이온형에 의해 분류한다. 이는 계면활성제가 물에 용해되었을 때 갖는 이온성에 따라 양이온성, 음이온성, 양성이온성 계면활성제와 비이온성 계면활성제로 분류하는 것이다. 일반적으로 비이온성 계면활성제의 경우 유화 분산제로 매우 우수하며 종래의 계면활성제처럼 이온화하지 않으므로 반대 이온에 대한 영향을 받지 않는다. 그리고 산이나 알칼리 및 기타의 극성 물질의 영향을 받지 않고 충분히 능력을 발휘할 수 있다는 점에서 양성 이온성 계면활성제와 더불어 그 수요가 널리 확대되고 있다. 특히, 요즘 사용범위가 널리 확대되고 있는 비이온성 계면활성제 중에 그 수요가 가장 많은 것은 폴리에틸렌 글리콜형(에틸렌옥사이드계)의 계면활성제이다.

본 연구에서 사용된 계면활성제는 실리콘 prepolymer안에서 잘 분산될 수 있도록 실리콘과 친한 group(nonylphenoxy group)을 함유하고 있으며, 친수성기(ethylene oxide)도 포함하고 있다. 본 연구 결과, NP6과 NP10에 비하여 NP4의 소수성이 큼에도 불구하고, NP4를 포함하는 실리콘 인상재의 접촉각이 가장 낮은 결과를 나타내었다. 본 연구에 사용된 계면활성제들은 실리콘 인상재에 용해되어 있지 않고 단지 분산된다. 분산크기가 작으면 표면적의 증가로 인해 인상재 표면으로 계면활성제가 노출될 확률이 커지게 된다. 따라서, 부가중합형 실리콘 인상재 표면에서의 계면활성제의 농도는 NP6, NP10을 사용했을 경우보다 NP4를 사용했을 때

더 클 것으로 사료된다(Fig. 14). 이러한 결과를 통해 계면활성제의 분산크기가 작을수록 표면에 노출된 계면활성제의 농도가 증가하여 실리콘 인상재의 젖음성을 향상시키는 것으로 생각되었다. 또한, NP10에 비해 NP4 계면활성제의 표면에너지가 낮으므로, 표면에 노출되기 쉽다는 점도 접촉각 감소에 기여하는 것으로 추정된다.

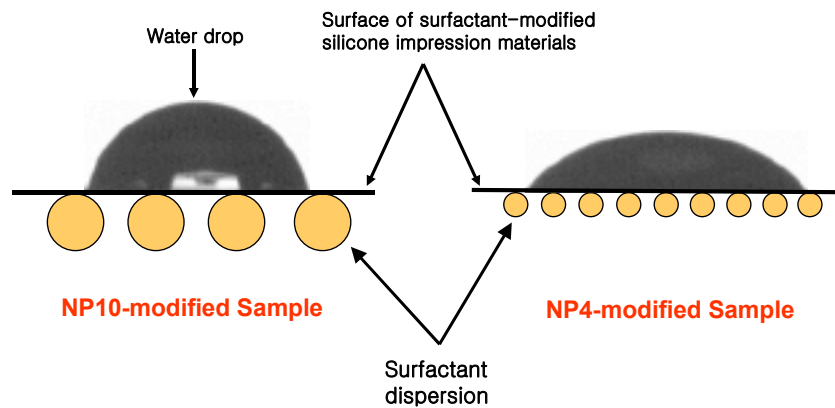


Fig. 14. Relationship of dispersion size of surfactant and wettability of silicone impression materials.

본 연구에서는 계면활성제 뿐만 아니라 필러 유무에 따른 접촉각의 변화도 살펴 보았다. 실리콘에 비해 친수성이 큰 필러를 첨가할 경우에 인상재 표면의 친수성이 향상될 것으로 예상하였으나, 필러 첨가 유무에 따른 인상재의 접촉각 변화는 거의 없는 것으로 나타났다. 이는 인상재 제조 시 필러가 상대적으로 낮은 표면에너지를 갖는 실리콘 내부에 위치하여 표면특성에 영향을 미치지 않은 것으로 생각된다.

부가중합형 실리콘 인상재가 치과계에서 수요가 급증하는 중요한 이유 중 하나는 경화 반응 시 체적의 변화가 적다는 점이다. 구강 내에서 경화된 인상재는 치아의 함몰부위를 나오면서 10%정도의 압축력을 받게 되고 이로 인하여 영구변형이 남게 된다. 최근에는 이러한 영구변형 대신 탄성회복율을 이용해 표시하기도 한다. 즉, 5%의 영구변형이 발생하면 95%의 회복율로 표시하는 것이다. 부가중합형 실리콘 인상재는 고무 인상재 중 가장 우수한 탄성 회복율을 갖는다. 탄성인상재의 정확성을 시험하기 위해 주로 행하는 실험은 1) 재료 그 자체를 평가하기 위한 linear

test, 2) 재료를 만들고 석고 die를 만들어 평가 3) master die를 만든 후 casting 하여 이에 대한 적합도를 평가하는 것 등이 있다(James와 Stackhouse, 1975). 이 중 본 연구에서는 1)의 방법을 이용하였다. 그 결과, NP계열 인상재와 기존 제품이 모두 크기 안정성 면에서 유의한 차이를 보이지 않았다($P>0.05$). 따라서 계면활성제의 첨가가 인상재의 체적안정성에 아무런 영향을 주지 않는다고 추정할 수 있다.

인상재는 구강조직의 재현을 음형으로 인기하는 것이라고 앞서서도 언급하였지만, 특히 치과영역에서는 정밀한 미세부 재현성이 요구되므로 이는 인상재가 갖추어야 할 중요한 성질이다. 오늘날 과거에 많이 사용되었던 알지네이트를 미세부 재현성이 요구되는 인상채득에 많이 사용하지 않는 이유중의 하나도 미세부 재현성이 고무 인상재에 비해 떨어지기 때문이다. Johnson과 Drennon(1987)은 인상재의 점주도가 미세부 재현성과 기포형성에 있어서 가장 중요한 요인이라고 보고하였다. Takahashi와 Finger(1991)는 미세부 재현성과 친수성간에는 관계가 없다고 보고하였고, Boening 등(1998)은 실리콘 인상재의 표면활성도와 미세열구 재현능력과는 유의할만한 관계가 없다고 보고 하였다. 따라서, 미세부 재현성은 점주도나 흐름성 등에 의해 영향을 받는 것으로 여겨진다(류 등, 2002). 또한 이러한 흐름성은 필러의 함량, 형태, 크기에 의해서도 영향을 받는다. 본 연구에서 제조된 NP계열 인상재는 모두 20 μm 의 미세선을 명확히 재현하였다. 따라서 본 연구를 통해 제조된 인상재는 ISO 4823에 제시된 고무인상재 light body형의 미세부 재현성 요구기준인 20 μm 재현에 적합한 것으로 판명되었다.

고무 인상재의 친수성을 평가하는 방법은 여러 가지가 있는데, 이 중 가장 많이 사용하는 방법이 인상재 내 혹은, 석고 모형상의 기포 수를 측정하는 방법, 접촉각 측정법, 석고 모형상의 미세선 재현성 여부를 평가하는 것 등이 있다(Phillips 등, 1991). 본 연구에서는 정밀하게 채득된 인상채라 할지라도 이를 석고 모형상에서 그대로 재현하지 못하면 의미가 없기 때문에 마지막 방법을 접촉각의 측정과 함께 채택하였다. 석고 모형상에 기포가 생성되었다면, 앞서서 언급한 인상재의 소수성이 원인이 될 수도 있지만, 인상재 혼합 시 공기의 함입이나, 인상채득 시 인상재를 주입하는 과정 등에서 일어날 수 있다. 그 외에 인상재의 혼합방법, 주사기의 종류, 주사기의 직경, 중합 부산물 및 인상재의 점도가 인상재의 기포형성에 주된 요인이 된다. 이러한 기포는 석고 모형 상에 양각표면결함(positive surface defects)으로 나

타나고, 낮은 젖음성이나 수소가스 발생으로 인한 결과는 석고 모형상에서 음각표면결함(negative surface defects)을 일으키게 된다. 기포는 인상체의 찢김 강도를 감소시키며, 석고 표면에 nodule을 형성하여 결과적으로 cast의 정확성을 저하시키게 된다. 이러한 문제점을 해결하기 위해서 많은 연구가 진행되고 있는데, 1985년 Stackhouse는 직경이 작은 mixing tip을 사용하는 경우, 기포 발생률이 낮고 인상재 내 발생된 기포를 비교해 볼 때, 처음에 주사된 절반이 나머지 절반에 비하여 기포가 많이 포함되어 있다고 하였다. 따라서, 인상재를 주입할 때 중요한 부위를 나중에 주사할 것을 권장하고 있다(James와 Stackhouse, 1975; Norling과 Reisbick, 1979; Phillips, 1991). 현재 대부분의 부가중합형 실리콘 인상재는 이러한 기포를 줄이기 위해 자동 혼합형 gun을 사용하는 추세이므로 본 실험에서는 모두 자동혼합형 인상재를 이용하였다.

본 연구에서 석고 모형상에 나타난 미세선 재현은 NP4 함유 인상재에서 A등급(완전한 재현)의 결과가 가장 많았으나, 입체광학현미경 관찰 결과 NP계열 인상재 자체의 기포가 비교적 많이 나타났고, 이것을 석고로 재현하여 석고상에 그대로 기포가 나타났다. 따라서, 석고와의 친화성 문제가 아니라, 아마도 인상재 혼합 시 진공상태의 혼합을 하지 못하였기 때문이라 추정된다.

고무 인상재의 가장 중요한 성질 중의 하나가 점도인데, 점도는 재료, 온도, 혼합 후 시간, 혼합속도 등에 따라 영향을 받게 된다. 일반적으로 점도는 반응시간이 경과할수록 증가하며, 온도가 높을수록 반응이 빨리 일어나 점도가 증가하게 된다. 점도가 낮으면 흐름특성이 좋아 미세부 재현성이 우수하게 된다. 따라서 최적의 점도를 얻기 위해서는 혼합시간이 일정하게 정확해야 하고, 작업시간과 경화시간을 잘 맞추어야 한다. 고무인상재는 pseudoplastic 또는 shear thinning 재료로서 재료의 혼합이나 주사기로부터 재료가 빠져나올 때 전단응력을 받게 된다. 이때 전단응력이 높으면 저점도가 되어 흐름성이 좋은 반면, 전단응력이 낮으면 고점도로써 흐름성이 떨어지는 특성을 나타낸다. 이러한 성질은 주사기를 빠져나오면서 100배 이상의 전단응력을 받게되어 점도가 낮아지고 흐름성이 좋아져 미세 부위까지 잘 흘러 들어가 정밀인상 채득이 용이하게 된다. 특히 부가중합형 실리콘 인상재에서는 위와 같은 성질이 중요하게 이용되어 충전제의 양을 조절해 개발된 것이 단일 점도형 부가중합형 실리콘 고무 인상재이다 (고 등, 1995; Craige 등, 1977). 국제규격

(ISO 4823)에 규정된 고무인상재 light body형의 경우, 점주도는 디스크의 직경이 최소 36mm는 되어야 할 것으로 규정한다. 본 연구결과에 의하면, 이 규격에 적합한 인상재는 기존시판 제품 중 EX를 제외한 3종류였고, 본 연구에서 제조한 NP4, NP6, NP10 함유 인상재는 모두 국제 표준 규격에 적합하였다.

V. 결 론

본 연구에서는 기존 부가중합형 실리콘 인상재 제품들과 비이온성 계면활성제를 첨가하여 제조한 인상재간의 임상적 성질들을 측정하여 비교분석 하였고, 또한 본 연구를 통해 제조된 인상재의 표면활성에 미치는 영향에 대해 연구하여 다음과 같은 결과를 얻었다.

1. 접촉각 측정 결과, 부가중합형 실리콘 인상재 안에 함유된 비이온성 계면 활성제들은 인상재의 친수성을 향상시켰다. 특히, 1.5 wt%를 사용한 경우 NP4를 함유한 인상재의 접촉각은 NP6과 NP10보다 유의성 있게 작았다($P < 0.05$).

2. 시판제품과 비교 시 NP4(1.5 wt%), NP6(1.5 wt%)를 함유한 인상재의 접촉각은 EX와 PE보다는 유의성 있게 높았으나($P < 0.05$), AQ와 SI보다는 유의성 없이 낮았다($P > 0.05$).

3. 계면활성제의 분산크기는 NP4를 함유한 인상재가 가장 작았다. 또한, 인상재 표면으로 NP4 계면활성제가 NP6, NP10 계면활성제 보다 상대적으로 많이 노출되었다.

4. 인상재에 사용한 필러는 접촉각에 유의성 있게 영향을 미치지 않았다($P > 0.05$).

5. 부가중합형 실리콘 인상재 표면에서 계면활성제의 접촉각을 측정한 결과, NP4 계면활성제가 NP6, NP10 계면활성제 보다 낮은 접촉각을 나타내었다.

6. 미세부 재현성, 크기 안정성, 점주도 평가에서 NP계열 인상재는 서로 유의차가 없었고, 기존 제품과도 유의차가 없었다($P > 0.05$).

7. 석고와의 친화성 평가에서는 NP4를 함유한 인상재, EX가 가장 많은 수로 미세선의 완전한 재현을 이루었다.

이상의 결과로 계면활성제 고유의 친수성 보다는 분산크기와 표면농도가 계면활성제가 첨가된 부가중합형 실리콘 인상재의 표면활성에 가장 큰 영향을 줄 수 있었으므로 이 점에 착안하여 부가중합형 실리콘 인상재를 개발한다면 치과임상에서 보다 많은 발전을 이룰 수 있을 것으로 사료된다.

참 고 문 헌

- 고영무, 김경남, 이근우 : 시간 경과에 따른 부가중합형 실리콘 인상재의 수소발생. *대한치과기재학회지* 22(1):47-55, 1995.
- 국윤환, 이정민, 조순채 : 콜로이드와 계면활성제, 1993, pp29,16,256-263, *대광서림*,
- 류형선, 임현송, 임주환, 조인호 : 수중인상재의 혼합방법에 따른 기포형성과 표면재현력에 관한 연구. *대한치과보철학회지* 40:140-155, 2002.
- 유소정, 이근우, 김경남 : 부가중합형 실리콘 인상재에서 발생하는 수소기체가 경석고 표면에 미치는 영향. *대한치과보철학회지* 34(2):349-357, 1996.
- Anusavice KJ : Philips' science of dental materials. 10th ed, Philadelphia, pennsylvania, W.B. Saunders CO. 139-176, 1996.
- Boening KW, Walter MH, Schuette U : Clinical significance of surface activation of silicone impression materials. *J Dent* 26:447-452, 1998.
- Chong YH, Setchell DJ, Soh G, Wickens JL : The relationship between contact angles of die stone on elastomeric impression materials and voids in stone casts. *Dent Mater* 6:162-166, 1990.
- Ciesco JN, Malone WF, Mazur B, Sandrik JL : Comparison of elastomeric impression materials used in fixed prosthodontics *J Prosthet Dent* 45:89-94, 1981.
- Craig RG : A review of properties of rubber impression materials. *Mich Dent Assoc J* 59:254, 1977.
- Dennis R, Cullen, Jess W, Mikesell, James L, Sandrik : Wettability of elastomeric impression materials and voids in gypsum casts. *J Prosthet Dent* 66:261-65, 1991.
- Eames WB, Wallace SW, Suway NB, Rogers LB : Accuracy and dimensional stability of elastomeric impression materials. *J Prosthet Dent* 42:159-162, 1979.
- James A, Stackhouse Jr : A comparison of elastomeric impression

- materials. *J Prosthet Dent* 34:305-313, 1975.
- Johnson GH, Drenon DG : Clinical evaluation of detail reproduction of elastomeric impression materials. *J Dent Res* 66:361, 1987.
- Judson K, Irving L, Anthony HL : Effects of strain rate on the behavior of elastomeric impression. *J Prosthet Dent* 66:292-98, 1991.
- Kim KM, Lee JS, Kim KN, Shin SW : Dimensional changes of dental impression materials by thermal changes. *J Biomed Mater Res* 58: 217-220, 2001.
- Norling BK, Reisbick M : The effect of nonionic surfactants on bubble entrapment in elastomeric impression materials. *J Prosthet Dent* 42:342-7, 1979.
- Pratten DH, Covey DA, Sheats RD : Effect of disinfectant solutions on the wettability of elastomeric impression materials. *J Prosthet Dent* 63:223-27, 1990.
- Pratten DH, Craig RG : Wettability of a hydrophilic addition silicone impression material. *J Prosthet Dent* 61:197-202, 1989.
- Rajapa P, Rose MJ : Hydrophilicpoly(vinylsiloxane) impression materials: Dimensional accuracy, wettability, and effect on gypsum hardness. *Int J Prosthodont* 4:240-48, 1991.
- Takahashi H, Finger WJ : Dentin surface reproduction with hydrophilic and hydrophobic impression materials. *Dent mater* 7:197-201, 1991.
- Vassilakos N, Pinheiro C, Fernandes : Surface properties of elastomeric impression materials. *J Dent* 21: 297-301, 1993.

Abstract

Effect of nonionic surfactant on the physical properties of addition silicone impression materials

Soo-Young Hwang

Department of Dentistry
The Graduate School, Yonsei University

(Directed by Professor Kyoung-Nam Kim D.D.S., Ph.D.)

Surface activation of addition silicone impression material is important to acquire dimensional stability and accurate gypsum die. This study was investigated hydrophilic effect of nonionic surfactant on additional silicone impression materials.

Nonionic surfactants were added to catalyst part of impression material composition when they were mixed. The surfactants were used nonylphenoxy poly(ethylenoxy) ethanol homologues of varying ethylenoxy chain length. These homologues were designated NP4, NP6, and NP10 according to the mole number of ethylenoxy group of 4, 6, and 10 respectively. The contact angles of silicone impression materials were measured using deionized water. Manufactured materials were compared with commercial addition silicone impression materials, that were Aquasil XLV(Dentsply Co.,USA; AQ), Exahiflex(GC Co.,Japan; EX), Silagum(DMG Co.,Germany; SI), and Perfect-F(Handae Chemical Co.,Korea; PE), to consistency, dimensional stability, detail reproduction, compatibility with gypsum and contact angle measurement.

The results were as follows :

1. The incorporation of nonionic surfactants into addition silicone rubber impression materials enhanced their hydrophilicity and consequently resulted in the reduction of the contact angles. Especially, the contact angles were significantly reduced when 1.5 wt% NP4 was used ($P < 0.05$).
2. Contact angles of the impression material included NP4(1.5 wt%) and NP6(1.5wt%) were significantly larger than EX and PE($P < 0.05$), but those were not significantly smaller than AQ and SI($P > 0.05$).
3. Dispersed particle size of surfactants in NP4 was smaller than in NP6 and NP10. Moreover, the surface concentration in addition silicone impression materials was higher NP4 than NP6 and NP10.
4. Filler addition to impression materials didn't significantly affect on contact angles of addition silicone impression materials($P > 0.05$).
5. The contact angle of NP4 on addition silicone impression material was larger than NP6 and NP10.
6. Detail reproduction, dimensional stability, and consistency were not different significantly all testing materials($P > 0.05$).
7. In compatibility with gypsum, NP4 and Exahiflex appeared most precisely detailed reproduction.

According to these results, it was concluded that size and surface concentration of surfactant seemed to be of major relevance for the surface activation in these surfactant-modified addition silicone impression materials. So it can be developed new impression material that improve clinical practice in dentistry.

key words : addition silicone materials, hydrophilicity, nonionic surfactant, dispersed surfactant size, surface concentration

