

실리콘 인상재의 보관온도에 따른 특성변화

오상환[†] · 문승균¹ · 김경남¹

건양대학교 치위생학과, ¹연세대학교 치과대학 BK21, 치과생체재료공학교실 및 연구소

The Property Change of Silicone Impression Materials with Change of Storage Temperature

Sang-Hwan Oh[†], Seung-Kyun Moon¹ and Kyoung-Nam Kim¹

Dept. of Dental Hygiene, College of Medical Science, Konyang University, Daejeon 302-718, Republic of Korea

¹Brain Korea 21 Project, Department and Research Institute of Dental Biomaterials and Bioengineering, College of Dentistry, Yonsei University, Seoul 102-752, Republic of Korea

Abstract The purpose of this study was to evaluate the physical properties of hydrophilic polyvinyl siloxane impression materials as change of material's storage temperatures. Working time, strain-in-compression, elastic recovery and consistency were tested according to ISO Standard NO. 1563. The results are as followed. 1. Working time decreased in cold storage. 2. Strain-in-compression was different in storage temperatures. Material's strain-in compression in cold temperatures were higher than in room temperature and in incubator. 3. A coefficient of elastic recovery varied by storage temperatures. The rate in cold temperature was the lowest and in incubator was the highest. 4. Consistency of impression substance different in storage temperatures. The extent in cold temperature is the highest and in incubator was the lowest. Statistical analysis(SPSS 14.0k, $p>0.05$) showed that storage temperature affect to material's physical properties. We recognized that the physical properties of polyvinyl siloxane impression materials were changed according to storage temperature.

Key words Consistency, Elastic recovery, Polyvinyl siloxane impression, Storage temperature, Strain-in-compression, Working time

서 론

치과용 인상재(dental impression materials)란 구강조직을 복제하기 위하여 구강조직을 음형으로 인기하는 인상채득에 사용되는 재료로 양호한 치과 보철물을 제작하기 위해서는 구강 내의 습윤 환경에서 유동체 상태로 세밀한 부분까지 잘 흘러들어가야 하며, 적정한 시간에 경화되는 성질이 필요하다. 뿐만 아니라 경화된 후에는 세밀하고 정확하게 인기된 구강 내 조직을 변형 없이 보존할 수 있도록 충분한 탄성을 갖는 것도 매우 중요하다. 이 밖에도 치과용 인상재는 사용의 편리성, 무독성, 무자극성, 모형재와 친화성이 있어야 하며, 크기변화와 물리적 성질의 변화 없이 소독이 가능한 성질이 요구 된다¹⁾.

치과용 인상재는 경화되는 기전, 경화 후 성질, 그리고

조성에 따라 여러 가지로 분류되며, 인상용 콤파운드(impression compound), 인상용 ZOE(impression ZOE), 아가(agar), 알지네이트(alginate), 폴리설파이드(polysulfide), 폴리에터(polyether), 실리콘 고무인상재(silicon impression material) 등은 현재까지 치과에서 사용하였던 대표적인 인상재이다. 이러한 인상재 중에서 고정성 보철물을 제작하기 위한 지대치의 인상채득에 가장 많이 사용하고 있는 인상재는 부가중합형 실리콘(addition silicon, polyvinyl siloxane silicon, PVS) 인상재이다. 이유는 축중합 반응은 경화 중 알코올을 생성시켜 비교적 많은 양의 중합수축이 발생하여 중합 후 크기 안정성이 매우 떨어지는 단점을 가지고 있지만, 부가중합형 실리콘 인상재는 이러한 문제점을 가지고 있지 않기 때문이다. 부가중합형 실리콘 인상재는 축중합형 실리콘 인상재와 달리 촉매로 염화백금염(H_2PtCl_6 , chloroplatinic acid)을 사용하여 부가중합방법으로 경화하기 때문에 반응부산물이 발생하지 않게 된다.

부가중합형 실리콘 인상재는 탄성회복율이 크고 중합

[†]Corresponding author

Tel: 042-600-6393

Fax: 042-600-6382

E-mail: dentsh@hanmail.net

후 체적변화가 거의 발생하지 않는 장점을 가지고 있어, 언더컷을 갖는 모형의 실험에서 99%의 탄성회복률을 갖는다²⁾. 폴리이썬과 부가중합형 실리콘 인상재가 작은 크기변화를 나타내었으며³⁻⁵⁾, 부가 중합형 실리콘 인상재가 다른 고무 인상재 보다 더 정밀하다는 보고도 있었으나^{6,7)} 실리콘 고무인상재의 가장 큰 문제점은 고분자 유기화합물인 실리콘 폴리머가 수분에 대해 젖음성이 떨어진다는 것이다^{8,9)}. 하지만 이러한 단점을 보완하기 위해 계면활성제를 첨가하여 친수성(hydrophilicity)을 향상시켜, 채득된 인상에 석고재료를 붓기 전에 석고재료에 대한 인상표면의 젖음성을 향상시킴으로써 모형상의 기포발생을 감소시킬 수 있었다¹⁰⁻¹²⁾.

부가중합형 실리콘 인상재는 1970년대 최초로 소개된 이후에 현재까지 사용되고 인상재로서, 정확성과 체적 안정성을 갖는다는 것이 많은 논문에서 검증되었다¹³⁻¹⁵⁾. 이러한 실리콘 인상재 보관온도에 따라서 여러 가지 특성을 나타나게 되는데^{16,17)}, 인상재의 보관온도가 실온보다 높은 경우(37°C)에는 빠른 탄성율의 회복을 나타내며, 이는 구강 내 온도 조건과 가능한 한 유사해야 한다는 점에서 매우 중요하다¹⁸⁾. 실리콘 인상재의 저장용기는 환경에 따라서 달라질 수 있으며, 그에 따라서 물성이 달라질 수 있다. 따라서 실리콘 인상재 저장 용기의 환경은 작업 환경과 인상채득에 있어서 매우 중요한 변수로 작용할 수 있다.

본 연구에서는 친수성 부가중합형 인상재의 보관온도를 각각 6°C, 23°C, 37°C로 사용하였으며, 각각의 조건에 대해서 작업시간, 압축강도, 탄성회복률, 점조도의 특성을 평가하였다.

연구재료 및 방법

1. 연구재료

본 실험에서는 자동혼합 부가중합형 실리콘 고무인상재(GC Corporation, Tokyo, Japan)를 사용하였다.

2. 연구방법

부가중합형 실리콘 고무인상재는 온도, 습도에 민감하므로 실험 환경을 일정하게 유지하는 것이 중요하며, 인상재료의 혼합 및 물성평가 실험은 한국산업표준 KS P ISO 4823호(Dentistry - Elastomeric impression materials, 2000)에 제시된 실험조건에 준하여 실험하였다. 실험 온도는 각각 6°C(cold temperature: CT), 23°C(normal temperature: NT), 37°C(incubator temperature: IT)에서 평가하였으며, 상대습도는 50±10%의 조건으로 실험하였다. 온도 조건에 따른 물성 평가로는 작업시간 및 압축 시 변형율, 탄성 회복율, 점조도를 평가하였다.

1) 작업시간

작업시간 측정용 LVDT장치(DI-1W, Senstech co., ltd,

Pusan, Korea)의 sample holder의 온도를 각각 6, 23, 37°C로 유지시켰다. Sample holder의 중앙에 자동혼합기로 혼합한 인상재 약 5 g을 올렸다. 자동혼합기의 믹싱팁에서 인상재가 배출되기 시작한 후 90초부터 15초 간격으로 0.25 mm 씩 인상재에 변형을 가한 후 즉시 힘을 제거하였다. 인상재의 경화에 의해 탄성이 나타나기 시작하는 시점을 기준으로 15초 전 시간을 작업시간으로 계산하여 5회 반복 측정하였다.

2) 압축 시 변형율

직경 25 mm×높이 20 mm의 분리형 금속몰드에 자동혼합된 인상재를 넣고 60초 후에 (35±1)°C 수조로 옮겼다. 수조에서 4분간 경화시킨 후 45초 내에 몰드에서 시편을 분리하고 즉시 시료를 압축변형 측정기에 올린다. 30초 후 다이얼게이지의 눈금을 읽어 h_1 으로 기록하였다. 5초 후 첫 번째 추, 10초 후 두 번째 추를 가하여 전체 응력이 12.25 N이 부과되도록 하였다. 12.25 N의 압축력을 가한 상태에서 30초 후 값을 읽어 h_2 로 기록하였다. 다음과 같은 식[1]을 이용하여 압축변형률 E를 백분율로 계산하고 위 과정을 5회 반복 실시하였다.

$$E = 100 \times (h_1 - h_2 / 20) \quad [1]$$

20 : 주형의 실제 높이 (단위: mm)

3) 탄성회복율

직경 25 mm×높이 20 mm의 분리형 금속몰드에 자동혼합된 인상재를 넣고 60초 후에 (35±1)°C 수조로 옮겼다. 수조에서 4분간 경화시킨 후 45초 내에 몰드에서 시편을 분리하고 즉시 시료를 탄성회복율 측정기에 위치시켜 다이얼게이지의 초기하중을 가하였다. 10초 후 영점을 맞추고 이 값을 읽어 h_1 으로 기록 한 후, 1초 내에 6 mm 변형시킨 후 5초에 걸쳐 하중을 제거하였다. 이후 10초 동안 하중 없이 인상재를 방치하였다. 다시 다이얼 게이지의 발을 내려 초기하중을 가한 뒤, 10초 후 값을 읽어 h_2 로 기록하였다. 다음의 식[2]을 이용하여 탄성회복율 K를 백분율로 계산하고 위 과정을 5회 실시하였다.

$$K = 100 \times (h_1 - h_2 / 20) \quad [2]$$

20 : 주형의 실제 높이 (단위: mm)

4) 점조도

직경 20 mm×높이 10 mm의 분리형 금속몰드에 자동혼합된 재료를 넣고 즉시 삭핀(Shark-fin)시험 측정장치를 올렸다. 혼합한지 60초가 되었을 때 삭핀모양의 고정추를 고정하고 있던 고정판을 제거하여 중력에 의해 시료방향으로 낙하하도록 하였다. 5분간 실온에서 보관하여 인상재를 경화시킨 후 삭핀테스트 장치를 분리하여 경화된 인상재 시편의 높이를 측정하였고 위 과정을 5회 실시하였다.

3. 통계 분석

각 인상재의 저장 용기의 온도에 따른 인상재의 물리, 기계적 성질의 유의성 검정을 위하여 일원배치분석 (One way ANOVA analysis)을 사용하여 통계처리 하였고, 사후검정은 Duncan's test를 이용하여 유의수준 $\alpha=0.05$ 에서 검증하였다.

결 과

본 연구에서 평가한 부가중합형 실리콘 인상재의 작업 시간, 압축강도, 탄성회복률, 점조도는 Table 1과 같다.

1. 작업시간

인상재의 작업시간을 Fig. 1에 나타내었다. 인상재의 작업시간의 결과에서 NT와 IT는 작업시간에 차이가 없었으나 CT는 NT와 IT의 값에 비하여 작업시간이 유의차 있게 증가한 것을 알 수 있었다($P<0.05$).

2. 압축 시 변형율

실리콘 인상재의 보관온도에 따른 인상재의 압축 시 변형율을 Fig. 2에 나타내었다. 압축 시 변형율은 인상재의 보관온도에 따라서 변화하였다. 위 결과로부터 CT는 NT와 IT에 비교해서 압축 시 변형율이 높게 나타났다 ($P<0.05$). 이는 저온의 온도유지장치에서 보관한 인상재

Table 1. Result of working time, strain-in-compression, elastic recovery, and consistency test

	CT (6°C)	NT (23°C)	IT (37°C)
Working time (sec)	213±6.71	192±6.71	192±6.71
Strain-in-compression (%)	6.24±0.27	5.35±0.39	5.34±0.125
Elastic recovery (%)	97.80±0.10	99.41±0.30	99.60±0.04
Consistency (cm)	2.28±0.03	1.94±0.03	1.52±0.14

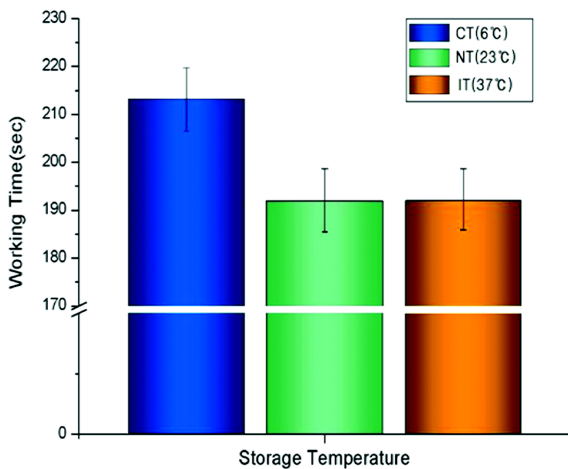


Fig. 1. Graph of working time of dental silicone impression materials by different storage temperature. Cold temperature, CT; Normal temperature, NT; Incubator temperature, IT

가 실온이나 고온에서 보관한 인상재보다 압축 시 변형율이 높다는 것을 나타내며, 실온과 고온에서 보관한 인상재는 압축 시 변형율의 결과에서 차이가 없다는 것을 나타낸다.

3. 탄성회복률

실리콘인상재의 보관온도에 따른 탄성 회복율은 Fig. 3에 나타내었다. CT와 NT 및 IT모두 유의값을 나타내었으며($P<0.05$), CT<NT<IT 순으로 탄성회복율이 높아지는 것을 알 수 있었다. 이는 실리콘인상재의 보관온도가 높아짐에 따라 탄성회복율이 증가한다는 것을 의미한다.

4. 점조도

보관온도에 따른 실리콘인상재의 점조도 변화를 섹션 방법을 이용하여 측정하고 그 결과를 Fig. 4에 나타내었다. 시험된 실리콘인상재의 점조도는 보관온도에 따라 변화하였다($P<0.05$). 점조도의 변화는 인상재의 보관온도가 높을수록 점조도의 값이 작게 나타나는 것을 알 수 있었다.

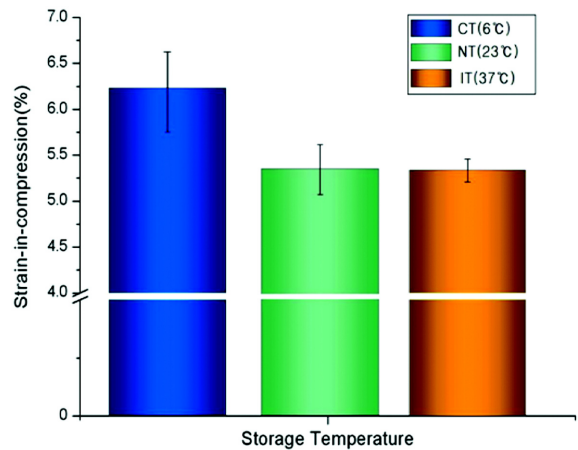


Fig. 2. Stain in compression of dental impression materials by different storage temperature.

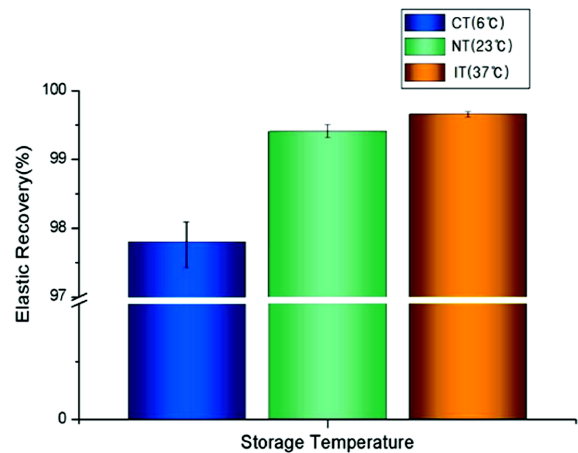


Fig. 3. Graph of elastic recovery of dental impression materials by different storage temperature.

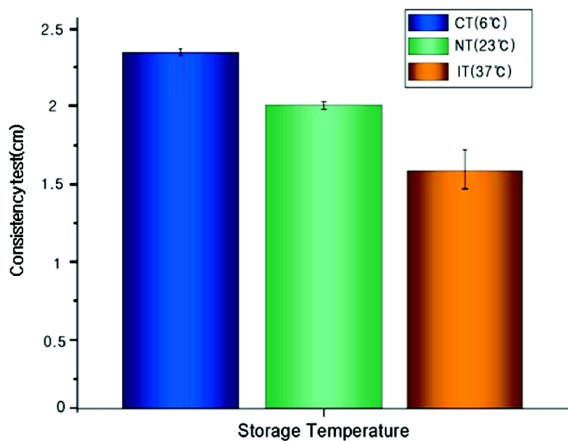


Fig. 4. Graph of consistence of dental impression materials by different storage temperature.

고 찰

실리콘인상재는 일반적으로 직사광선이 없는 서늘한 곳에 보관하지만, 주변 여건에 따라서 인상재를 보관하는 환경이 달라질 수 있고, 그로 인하여 저장용기의 온도가 변할 수 있다. 이러한 인상재 저장용기의 온도변화는 물리적인 특성의 변화를 야기 시킬 수 있다^{19,20}. 하지만 앞선 연구에서는 일반적인 인상재의 물리적인 변화에 대해서 언급하였듯이 실리콘인상재의 보관온도에 따른 물성 변화에 대한 연구는 많이 이루어지지 않고 있다. 선행연구에서는 실리콘인상재의 보관온도에 따라서 작업시간과 체적변화가 일어난다고 보고가 있었지만^{16,17}, 이는 상온과 고온에서의 물성변화에 대해서만 평가가 이루어졌기 때문에 냉장보관과 같은 저온에서의 평가는 이루어지지 않았다. 이에 본 연구에서는 일반적으로 가장 많이 사용하는 실리콘인상재를 이용하여 각기 다른 온도의 보관조건에 따른 작업시간 및 압축 시 변형율, 탄성 회복율, 점조도를 평가하여 비교하였다.

통상적으로 인상재의 작업시간을 늘리기 위한 방법으로 인상재를 냉장고에 보관하여 사용하고 있다. John의 연구 결과에서 낮은 점도를 가지고 있는 실리콘 인상재가 높은 점도의 인상재보다 작업시간의 증가(35-64% 향상)를 가져왔으며¹⁶, 이는 점도와 작업시간은 깊은 상관관계를 가지고 있다는 것을 나타낸다. 본 실험의 결과에서도 실리콘 인상재의 저장용기의 온도는 점조도와 관련이 있었으며, 인상재의 보관용기가 낮은 결과(CT)에서 높은 점조도 값을 나타냈다. 또한 NT와 IT와의 작업시간에는 차이가 없었지만, 점조도는 IT가 NT에 비해서 대략 17.5% 정도 증가하였다. 이는 낮은 온도의 실리콘 인상재 저장용기를 제외 하고는 작업시간의 변화는 발생하지 않지만, 점조도는 저장용기의 온도 증가에 따라 감소하는 것을 알 수 있었다.

구강 내 치아와 주위조직은 복잡하기 때문에 미세부위

를 재현하기 위한 요소로 인상재의 유동성을 가늠하는 점조도는 인상재를 선택하는 기준중의 하나로 작용한다. 본 연구에서는 점조도를 측정하기 위해 삭핀테스트를 이용하였다. 삭핀테스트는 임상에서의 상황을 유사하게 연출할 수 있고, 구강 내 조직에 적합되는 순간과 유사한 상황을 만들 수 있다. 또한 치은열구 부위의 재현성 여부도 알아볼 수 있다. 점조도의 측정은 경화전의 상태이기 때문에 실리콘의 점도와 첨가되는 무기필러의 크기 및 함량과 절대적인 상관관계를 갖으며, 첨가량의 증가에 따라서 점조도가 증가하는 양상을 나타낸다²¹. 또한 특정 필러가 첨가된 부가중합형 실리콘 인상재는 탄성체의 체적안정성, 기계적 성질, 페이스트의 조작특성에 영향을 줄 수 있으며, 함량에 따라 페이스트의 점조도와 중합체의 탄성계수를 조절 할 수 있고²², 필러의 비율에 따른 인상재의 정확성과 안정성에 대한 연구를 통해 필러의 함량이 높아지면 정확성과 안정성이 높아진다고 보고하였다²³. 인상재의 보관온도에 따라 작업시간이 짧아지고 점조도에 영향을 미칠 수 있지만, 필러를 이용한다면 원하는 조건의 작업시간과 점조도를 조절 할 수 있을 것이다.

작업시간과 압축 시 변형율 및 점조도는 인상재의 보관 온도에 따라서 감소하는 경향을 보였지만 탄성회복율은 높아지는 것을 관찰 할 수 있었다. 탄성회복율은 정확한 모형을 제작하기 위해서 매우 중요한 성질 중 하나이며, 부가중합형 실리콘 인상재의 경우에도 일반적으로 99% 이상의 탄성회복율을 갖는다². 본 연구의 결과에서도 상온과 고온의 결과에서 99% 이상의 탄성회복율을 나타내었지만, 저온에서는 97.8%의 탄성회복율을 갖는 것으로 나타났다. 구강에서 인상을 쉽게 제거하고 석고모형을 인상체로부터 쉽게 분리시키기 위해서는 충분한 탄성변형이 요구되는데 압축 시 변형률이 클수록, 즉 탄성변형율이 좋을수록 구강 내에서 적은 힘으로 인상재를 제거할 수 있으며, 석고모형 분리 시 미세부위의 석고 파절을 막을 수 있다²⁴. 따라서 상온과 고온의 저장용기에서 사용된 실리콘 인상재는 상대적으로 구강 내 인상을 쉽게 제거하고 석고모형을 인상체로부터 쉽게 분리 할 수 있을 것이다.

본 연구에서는 평가하지 않았지만 정확한 모형제작을 위한 요구조건으로는 인상재와 모형용 석고의 적합성 및 인상재의 친수성이 있다. 과거 많은 연구내용에서 폴리이싸는 실리콘 고무인상재보다 친수성이 뛰어나다고 하였다²⁵⁻²⁷. 인상재의 친수성은 구강 내에서 미세부위 재현과 물과 혼합된 석고모형의 제작 단계에서도 중요한 영향을 미친다. 실리콘 고무인상재가 소수성을 갖을 때, 혼합된 석고 슬러리의 기포는 실리콘 고무인상체의 표면에 잘 붙게 된다. 그로인해 석고모형 표면에 기포를 발생시켜 불완전한 석고모형이 만들어질 수 있다. 이러한 소수성을 갖는 실리콘인상재의 특성은 계면활성제를 첨가하여 표면의 친수성을 향상시킬 수 있다. 또한 최근에는 친수성

항상과 더불어 항균필러를 실리콘 고무인상재에 첨가하여 인상재가 자체적으로 항균력을 가짐으로써 추가적인 소독과정을 거치지 않고 감염의 위험으로부터 벗어나고, 추가적인 소독과정으로 발생 할 수 있는 물성변화를 막을 수 있는 연구가 진행되었다^{21,28)}.

이상의 결과로부터 실리콘 고무인상재의 보관용기의 온도에 따라서 작업시간 및 물리적 특성이 달라지는 것을 알 수 있었다. 이는 실리콘 고무인상재의 작업시간과 물리적 성질은 저장용기의 온도변화에 의해서 가능하다는 것을 알 수 있었으며, 미세부위 재현성에 따른 특성은 친수성 평가를 통하여 알 수 있을 것이다. 본 연구는 한 회사의 제품만을 실험한 것으로 향후 타제품과 비교 평가하는 추가 연구가 필요할 것으로 사료된다.

요 약

본 연구는 실리콘 고무인상재의 보관온도에 따른 작업시간과 압축 시 변형율, 탄성회복율, 점조도에 관한 물리적 특성에 대해서 평가하였으며, 다음과 같은 결과를 얻었다.

1. 작업시간은 저온의 온도유지장치에서 보관한 인상재가 실온이나 고온에서 보관한 인상재보다 유의하게 크게 나타났고($P<0.05$), 실온과 고온에서 보관한 인상재는 유의차가 없었다.
2. 압축변형율은 저온 온도유지장치에서 보관한 인상재가 실온이나 고온에서 보관한 인상재보다 유의하게 컸으며($P<0.05$), 실온과 고온에서 보관한 인상재는 유의차가 없었다.
3. 탄성회복율은 인상재를 보관한 각 저장온도에 따라 유의한 차이가 있는 것으로 나타났으며($P<0.05$), 온도가 높아짐에 따라 증가하였다.
4. 점조도는 인상재를 보관한 각 저장온도에 따라 유의한 차이가 있는 것으로 나타났으며($P<0.05$), 온도가 높아짐에 따라 감소하였다.

참고문헌

1. Korean Dental Materials Professor Association: Dental Materials. 5th ed. Koonja, Seoul, pp. 125-159, 2006.
2. Klooster J, Logan GI, Tjan AH: Effect of strain rate on the behavior of elastomeric impression. J Prosthet Dent 66(3): 292-8, 1991.
3. Goldberg AJ: Viscoelastic properties of silicone, polysulfide, and polyether impression materials. J Dent Res 5(53): 1033-9, 1974.
4. Tjan AH et al.: Clinically oriented evaluation of the accuracy of commonly used impression materials. J Prosthet Dent 56(1): 4-8, 1986.
5. Dounis GS, Ziebert GJ, Dounis KS: A comparison of impression materials for complete-arch fixed partial dentures. J Prosthet Dent 65(2): 165-9, 1991.
6. Yeh CL, Powers JM, Craig RG: Properties of addition-type silicone impression materials. J Am Dent Assoc 101(3): 482-4, 1980.
7. Lacy AM et al.: Time-dependent accuracy of elastomer impression materials. Part II: Polyether, polysulfides, and polyvinylsiloxane. J Prosthet Dent 45(3): 329-33, 1981.
8. Oh YI et al.: Effect of surface Hydrophilicity on detail reproducibility of hydrophilic polyvinyl siloxane impression materials. J Korean Res Soc Dent Mater 30(3): 299-306, 2003.
9. Robert S, Edward C, Brandon S: Effect of surface treatments on the wettability of vinyl polysiloxane impression materials. J Prosthet Dent 84(1): 98-102, 2000.
10. Michael NM: Polyvinyl siloxane impression materials: an update on clinical use. Aust Dent J 43(6): 428-434, 1998.
11. Millar BJ, Dunne SM, Nesbit M: A comparison of three wetting agents used to facilitate the pouring of dies. J Prosthet Dent 74(4): 341-344, 1995.
12. Erkut S, Can G: Effects of glow-discharge and surfactant treatments on the wettability of vinyl polysiloxane impression materials. J Prosthet Dent 93(4): 356-363, 2005.
13. Marcinak CF, Draughn RA: Linear dimensional changes in addition curing silicone impression materials. J Prosthet Dent 47(4): 411-413, 1982.
14. Fano V, Gennari PU, Ortalli I: Dimensional stability of silicone-based impression materials. Dental Materials 8(2): 105-109, 1992.
15. Chew CL, Chee WW, Donovan TE: The influence of temperature on the dimensional stability of poly (vinyl siloxane) impression materials. Int J Prosthodont 6(6): 528-532, 1993.
16. John CB et al.: Temperature effects on the rheological properties of current polyether and polysiloxane impression materials during setting. J Prosthet Dent 90(2): 150-161, 2003.
17. Ravi P et al.: Long-term dimensional stability and reproduction of surface detail of four polyvinyl siloxane duplication materials. J Dent 36(6): 456-461, 2008.
18. McCabe JF, Arikawa H: Rheological properties of elastomeric impression materials before and during setting. J Dent Res 77(11): 1874-1480, 1998.
19. McConnell RJ, Johnson LN, Gratton DR: Working time of synthetic elastomeric impression materials. J Can Dent Assoc 60(1): 49-54, 1994.
20. John HP et al.: The effects of different storage conditions on polyether and polyvinylsiloxane impressions. J Am Dent Assoc 129(7): 1014-1021, 1998.
21. 황수영: 항균필러가 첨가된 치과용 실리콘 고무인상재 [박사학위논문]. 연세대학교 대학원, 서울, 2008.
22. Finger WJ: Significance of filler content to properties of silicone impression materials. Dent Mater 4(1): 33-37, 1988.
23. Chen SY, Liang WM, Chen FN: Factors affecting the accuracy of elastomeric impression materials. J Dent 32(8): 603-609, 2004.
24. John C, Yutaka T, Eugene PL: Clinically relevant mechanical properties of elastomeric impression materials. Int J Prosthodont 11(3): 219-223, 1998.
25. Lorren RA, Salter DJ, Fairhurst CW: The contact angle of die stone on impression materials. J Prosthet Dent 36(2): 176-180, 1976.
26. Pratten DH, Craig RG: Wettability of a hydrophilic addition silicone impression material. J Prosthet Dent 61(2): 197-202,

- 1989.
27. Panichuttra R et al.: Hydrophilic poly(vinylsiloxane) impression materials: dimensional accuracy, wettability, and effect on gypsum hardness. *Int J Prosthodont* 4(3): 240-248, 1991.
28. Kim SH et al.: Change of surface property of dental impression materials according to time and disinfection. *Surf Interface Anal* 40(3-4): 188-191, 2008.

(Received September 20, 2010; Revised December 14, 2010;
Accepted December 21, 2010)

