

Silane coupling agent인 MPS 농도별처리에 따른 열중합 레진과 자가중합 레진 간의 전단결합강도

Effects of Treatment of Silane Coupling Agent in MPS Concentration on the Shear Bond Strength between Self Curing Resins and Heat Curing Resin

최에스더, 권은자
대전대학교 치기공과

Esther Choi(esther7711@hanmail.net), Eun-Ja Kwon(rnjs2804@hj.ac.kr)

요약

본 논문은 치과에서 많이 사용되고 있는 silane coupling agent로 표면 처리한 의치상 레진과 자가중합 레진 간의 전단 결합력에 미치는 영향에 대해 알아보하고자 하였다. 의치상 레진에 silane coupling agent 농도별 표면 처리 후 자가중합레진을 주입하여 전단결합강도를 측정하였다. Silane coupling agent(MPS)의 농도별 표면 처리에 따른 의치상 레진과 자가중합레진 간의 전단결합강도에서는 Vertex self curing resin에서 5%, 7%에서 유의적으로 높게 나타났고($P<0.05$), Kooliner에서는 5%에서 유의적으로 가장 높게 나타났다($P<0.05$). 따라서 의치상 레진과 자가중합레진 사이에 MPS 5%를 이용한 표면처리가 전단결합강도에 효과적으로 영향을 미치는 것이라 사료된다.

■ 중심어 : | 전단결합강도 | 실란 | 자가중합레진 | 열중합 레진 |

Abstract

The purpose of this study was to evaluate the effect of the surface treatment of widely used in dental of silane coupling agent concentration on the shear bond strength of denture base resin and self curing resins. Denture base resin surface was treated with silane coupling agent concentration, after self curing resins were injected shear bond strength was measured. The results of silane coupling agent(MPS) concentration on the shear bond strength of Vertex self curing resin showed that the value of 5%, 7% groups were higher than that of other group($P<0.05$). Silane coupling agent concentration on the shear bond strength of Kooliner resin showed that the value of 5% was highest($P<0.05$). Therefore, we could conclude 5% MPS to strengthen effectively the shear bonding property of denture base resin and self curing resins of this study.

■ keyword : | Shear Bond Strength | Silane Coupling Agent | Self Curing Resins | Denture Base Resin |

I. 서론

성공적인 의치를 제작하기 위해서는 적합성이 중요

한 요소이다. 그러나 시간이 지남에 따라 잔존치조제가 지속적으로 흡수되어 의치의 적합성이 낮아져 의치의 헐거움, 통증, 저작능률 저하, 심미적 변화 등이 나타난

접수일자 : 2014년 11월 24일

수정일자 : 2014년 12월 05일

심사완료일 : 2014년 12월 05일

교신저자 : 최에스더, e-mail : esther7711@hanmail.net

다[1][2]. 이러한 문제들을 해결하고 의치의 지지, 안정, 유지의 기능을 좋게 하여 의치와 변화된 잔존치조제의 적합성을 높이기 위해서 이장재로 자가중합레진을 사용한다[3-5]. 의치에서 자가중합레진은 의치와 잔존치조제가 정확히 적합이 되도록 하여 의치의 지지, 안정, 유지의 기능에 효과적이다[6].

정확한 적합을 위해 새로운 레진을 의치 조직면에 첨가하여 다시 형성하는 이장은 의치상 레진과 자가중합 레진 사이의 결합강도가 문제가 된다[7]. 결합강도가 약할 경우 의치상과 자가중합레진 사이가 분리되거나 파절되어 의치 사용이 불가능해지고 오염으로 인하여 구강 위생과 입냄새에 문제를 야기시킬 수 있다[8][9]. 따라서 의치상 레진과 자가중합레진의 결합강도를 증진시키는 것이 임상에서 성공적인 이장을 시행할 수 있다[10-12]. 의치상 레진과 자가중합레진 사이의 결합강도는 표면처리, 결합 단면 형태, 결합 시 오염된 상태 등의 영향을 받는다[13]. 이전 연구들에서 의치상 레진과 자가중합레진 사이의 MMA, chloroform, acetone 등의 화학적 표면처리와 표면 거칠기 같은 기계적인 표면처리 등을 사용하여 의치상 레진과 자가중합레진 간의 결합강도를 증가시키기 위한 연구들이 다수 보고되어 왔다[14-20]. 그러나 유기적 용매에 관한 화학적 표면처리로 결합강도를 증진시키기 위한 연구들이 대부분이다. 따라서 이 연구에서는 유기물과 무기물의 혼합물로 구성되어 있는 silane coupling agent를 표면처리로 이용하여 유기재료와 무기재료의 결합을 도와 의치상 레진과 자가중합레진 간의 결합강도를 증기시킬 수 있는지에 관하여 평가하고자 하였다. Silane coupling agent 중에서 도재 전용 primer로 접착 용매의 역할을 하고 [21], 치과용 resin composite에서 많이 사용된 MPS를 농도별로 의치상 레진과 자가중합레진 사이에 표면처리를 하여 의치상 레진과 자가중합레진간의 전단결합강도를 평가하여 최적의 조건을 찾고자 하였다.

II. 재료 및 방법

1. 연구재료

본 연구에서 시편 제작을 위해 사용한 의치상용 레진은 열중합형 레진(Vertex RS, Vertex Dental B.V., Zeist, Netherlands)으로 국제표준규격 제 29022호(ISO 29022:2013, Dentistry-test method of adhesion to tooth structure with notched-edge shear testing fixture)와 Ohkubo 등[22]의 방법을 참고로 제작하였다. 자가중합레진으로는 Vertex SC(Dental B.V., Zeist, Netherlands)와 Kooliner(GC., America)를 사용하였다. 수리 결합면에 Silane coupling agent로 3-Methacryloxypropyltrimethoxy silane(MPS)를 도포하였다.

2. 연구방법

2.1 열중합형 레진 모체 제작

열중합형 의치상용 레진을 이용한 모체제작은 국제표준규격 제 29022호에 따라 수행되었다. 열중합형 레진의 모체를 제작하기 위하여 직경 10 mm, 두께 5 mm의 disk 형태의 금속 matrix를 제작하여 주형을 형성하였다. 열중합 레진을 제조사의 지시에 따라 분말 12.9 g/액 5.7 g으로 30초간 혼합한 후 병상기가 되었을 때 채워준다. 온성과정은 2단계 방법으로 레진이 전입된 금속 matrix를 수조에 넣고 온도를 서서히 올려 72°C에서 2시간 동안 중합한 후 100°C에서 1시간 동안 중합하였다. 수조에서 꺼내 30분 간 상온에 위치시키고, 흐르는 물에 15분간 놓아두었다. 중합이 끝난 후 플라스크에서 제거한 시편을 Sic 연마지 200번, 400번, 600번, 800번, 1200번으로 시편의 양면을 순차적으로 연마하여 시편을 제작하였다. 모든 시편은 금속 matrix를 사용하여 autopolymerizing resin에 박아 넣은 후 중합하여 모체를 제작하였다.

표 1. 연구 재료

| 연구재료 | Type | Manufacturer | Batch no. |
|--------------------|-----------------|---------------------------------|----------------------|
| Vertex Heat Curing | Powder + Liquid | Vertex Dental B.V., Netherlands | YX481P08 YX165L06 |
| Vertex Self Curing | Powder + Liquid | B.V., Netherlands Netherlands | YG512P04 YG152L05 |
| Kooliner | Powder + Liquid | GC., America | 1005106 |

2.2 Silane coupling agent 표면처리 후 자가중합 레진 주입

Silane coupling agent로 표면처리하기로 한 모든 시편을 37°C에서 1주 동안 보관한 후 silane coupling agent인 MPS 1, 3, 5, 7, 10 wt%로 표면에 처리를 시행하고 금속 matrix를 사용하여 자가중합레진인 Vertex SC과 Kooliner를 직경 6 mm, 높이 2 mm로 주입하고 압력 없이 실온에서 중합 후 시편을 37°C의 증류수에 24시간동안 침수시켰다. 각 군당 시편 수는 10개씩이었다.

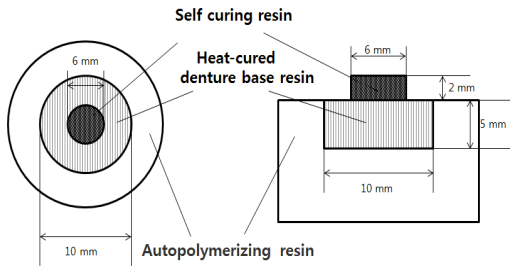


그림 1. 시편 모식도

2.3 전단강도 측정

제작된 시편은 실험을 할 때 까지 밀폐된 용기 내에 증류수를 담아 37°C Oven에서 (48 ± 2)시간 동안 보관하였다. 만능시험기(Z020, Zwick, Ulm, Germany)를 이용하여 전단강도를 측정하였고 crosshead- speed는 1.0 mm/min이었다. 동시에 파절 유형을 관찰하였고, 전단강도(σ)의 계산식은 다음과 같다.

$$\sigma = \frac{F}{A_b}$$

F : 시편에 가해진 최대 힘 (N)

Ab : 결합 면적 (mm²)

2.4 파절양상

시편의 파절양상은 의치상용 레진과 자가중합레진간의 면에서 끊어진 경우 접착파절 A로, 계면의 모서리에서 시작하여 자가중합레진이 끊어지는 경우 혼합파절 B, 자가중합레진 부분에서만 끊어진 경우 응집파절인 C인 3가지로 분류하였다.

2.5 통계분석

통계분석은 SPSS 프로그램(SPSS12.0; SPSS GmbH, Munich, Germany)을 이용하였다. 농도별 전단강도를 one-way ANOVA로 신뢰수준 95%에서 분석하였고, 사후검정으로 Tukey's test를 시행하였다.

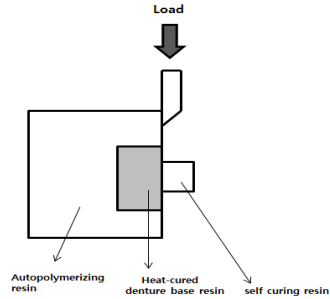


그림 2. 전단결합강도 실험 모식도

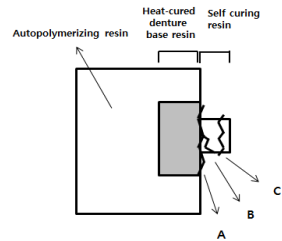


그림 3. 파절양상 모식도

A : 접착파절 B: 혼합파절, C: 응집파절

III. 결과

Silane coupling agent 인 MPS 농도별로 표면처리한 전단결합강도의 결과는 [그림 4][그림 5]에 나타났다.

3.1 Silane coupling agent 농도별 표면처리한 전단강도

Silane coupling agent인 MPS의 농도별 표면처리에 따른 열중합 의치상용 레진과 자가중합레진간의 전단결합강도는 자가중합 레진인 Vertex SC에서 5, 7 wt% MPS 로 표면처리한 실험군들이 대조군과 다른 실험군들에 비해 통계적으로 유의한 차이가 있었다(p<0.05),

[그림 4].

Kooliner에서는 3, 5, 7 wt%로 표면처리한 실험군들이 대조군보다 통계적으로 유의한 차이가 있었고 ($p < 0.05$) [그림 5], 실험군들에서는 5 wt%가 3, 7 wt%와는 유의한 차이가 있게 가장 높았다.

MPS 5 wt%로 표면처리한 그룹이 Vertex SC와 Kooliner에서 모두 높은 전단결합강도를 나타내었다.

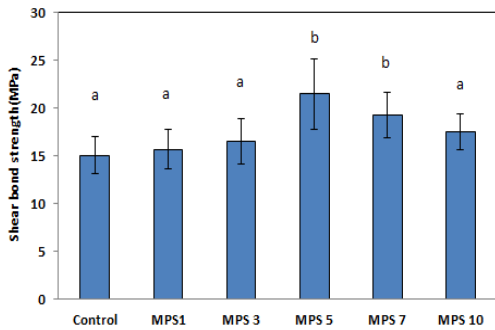


그림 4. MPS 농도별 vertex resin의 전단결합강도

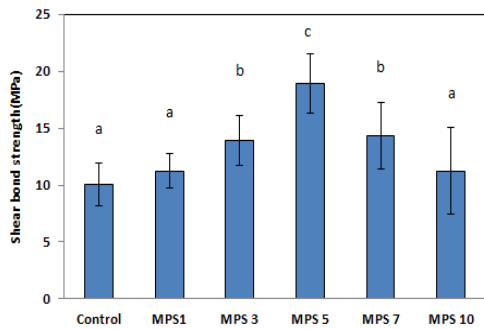


그림 5. MPS의 농도별 kooliner의 전단결합강도

3.2 파절양상

시편의 파절양상은 [표 2]에 나타나있다.

Silane coupling agent의 농도별에 따라 다른 양상을 나타내었다. Vertex SC에서 아무처리하지 않은 대조군과 1, 3 wt%로 MPS 표면 처리한 실험군에서는 대부분이 접착파절을 보였으며, 5 wt%로 표면 처리한 실험군에서는 대부분이 혼합파절을 보였고, 7, 10 wt% 실험군에서는 접착파절 양상이 많이 나타났다. Kooliner에서

는 대조군과 1 wt%에서 대부분이 접착파절을 보였으나 3, 5 wt%로 MPS 표면처리한 실험군에서 혼합파절 양상이 많이 나타났고, 7, 10 wt% 실험군에서는 접착파절 양상이 많이 나타났다. 응집파절은 Vertex SC와 Kooliner에서 모두 나타나지 않았다.

표 2. 시편의 파절양상

| 농도 | 파절양상 | | | | | |
|-------------|-------------------|---|---|----------|---|---|
| | Vertex self resin | | | Kooliner | | |
| | A | B | C | A | B | C |
| 아무처리하지 않은 군 | 8 | 2 | 0 | 8 | 2 | 0 |
| MPS 1% | 8 | 2 | 0 | 8 | 2 | 0 |
| MPS 3% | 8 | 2 | 0 | 4 | 6 | 0 |
| MPS 5% | 2 | 8 | 0 | 4 | 6 | 0 |
| MPS 7% | 6 | 4 | 0 | 6 | 4 | 0 |
| MPS 10% | 6 | 4 | 0 | 6 | 4 | 0 |

IV. 고찰

본 연구에서는 열중합 의치상용 레진과 자가중합레진 사이의 결합강도를 강화시키기 위해 silane coupling agent 중에서 치과에서 보편적으로 사용되는 MPS를 농도별로 제조하여 전단결합강도의 차이를 비교하였다.

Silane은 알칼기의 종류에 따라 다르게 불리지는데 본 실험에서는 methacrylate기인 MPS를 사용하였다. Silane coupling agent는 필러표면을 유기화하여 유기질과 무기질 필러 간에 기계적, 화학적 결합을 증가를 향상시킨다[23]. Silane coupling agent의 종류 중에서 MPS와 APS를 이용한 실험에서 유리섬유와 레진의 결합이 증가되었다는 연구와 MPS의 처리방법에 따른 결합력 증가가 달라진다는 연구도 시행되었다[24][25].

Silane coupling agent는 resin 이외에도 porcelain crown repair시 결합 증가[26], full denture, partial denture에서 alloy와 resin의 결합을 증가를 위해서도 사용되고 있으며[27], implant에 사용되는 titanium과 resin의 전단결합 강도[28], porcelain teeth와 의치상의 결합력을 증가시켰다고 연구되었다[29].

본 실험에서는 MPS를 1, 3, 5, 7, 10 wt% 농도별로

표면처리하여 열중합 의치상용 레진과 자가중합레진간의 전단결합강도를 알아보았다. 그 결과, Vertex SC에서는 MPS 5, 7 wt%로 표면처리한 실험군들이 대조군과 다른 실험군들 보다 통계적으로 유의하게 높았고, Kooliner는 3, 5, 7 wt%에서 대조군과 다른 실험군들 보다 통계적으로 유의하게 높았다.

Silane coupling agent는 유기물과 무기물의 혼합물로 구성되어 있으며[30], matrix resin과 filler 사이에 중요한 고리를 제공하여 분해과정을 느리게 하고[31], 파절에 저항하여 filler를 보호하고[32], 유연한 유기 matrix로부터 딱딱하고 더 강한 무기물 filler 입자로 응력 전환과 분포를 향상시킨다고 보고되었다[33].

Matrix resin과 filler의 결합력도 임상적으로 전단결합, 인장결합에 더 영향이 있다고 보고된 바 있다[34]. 그러나 filler와 silane의 결합이 견고하지 못한 경우 silane 층 자체가 약한 부분으로 작용하여 강도가 낮아지게 되고[35], 두께를 최소화해야 강도를 높일 수 있다. silane의 농도가 과하거나 silane 도포 시간이 과할 경우 silane과 silane 사이에 적층이 일어나 유리표면에 여러 층으로 적층되어 silane 층 내부에서 초기 파절이 일어날 수 있다. 그러므로 과도한 적층을 막기 위해서는 적절한 농도로 silane을 희석한 후 적용해야한다. 이에 silane이 resin의 filler와 결합력을 증가시키기 위해서는 필러 입자의 표면적에 대한 silane의 적절한 농도가 중요한 영향을 미치는 것으로 사료된다.

따라서 본 연구에서는 열중합 의치상용 레진과 자가중합레진 사이의 전단결합강도에 자가중합 레진인 Vertex SC와 Kooliner에서 모두 가장 높았던 MPS 5 wt%의 표면처리가 효과적인 영향을 미치는 것을 알 수 있었다.

V. 결론

본 연구에서는 열중합 의치상용 레진과 자가중합 레진 사이의 결합강도를 강화시키기 위한 표면처리를 알아보기 위하여 열중합 의치상용 레진에 silane coupling agent인 MPS의 1, 3, 5, 7, 10 wt%인 농도별 표면처리

를 시행하여 자가중합레진을 주입 후 전단결합강도를 비교하였다.

1. Vertex self curing resin에서는 MPS 5, 7 wt% 표면처리시 열중합 의치상용 레진과 자가중합레진간의 전단결합강도에서 유의하게 높게 나타났다 ($p<0.05$).
2. Kooliner에서는 MPS 3, 5, 7 wt% 표면처리시 열중합 의치상용 레진과 자가중합레진간의 전단결합강도에서 통계적으로 유의하게 높게 나타났다 ($p<0.05$).
3. 자가중합 레진인 Vertex self curing resin과 Kooliner 모두에서 MPS 5 wt%로 표면 처리한 시편의 전단결합강도가 가장 높게 나타났다 ($p<0.05$).

이에 열중합 의치상용 레진과 자가중합레진 사이에 결합강도를 강화하기 위하여 silane coupling agent인 MPS 5 wt%를 이용한 표면처리가 효과적으로 영향을 미치는 것으로 사료된다.

참고 문헌

- [1] S. Sadamori, W. Siswomihardjo, K. Kameda, A. Saito, and T. Hamada, "Dimensional changes of relined denture bases with heat-cured, micro-wavectivated, autopolymerizing, and visible light-cured resins," *Aust Dent J*, Vol.40, pp.322-326, 1995.
- [2] A. Tallgren, "The continuing reduction of the residual alveolar ridges in complete denture wearers," *J Prosthet Dent*, Vol.89, pp.427-435, 2003.
- [3] W. M. Murphy, R. Huggett, R. W. Handley, and S. C. Brooks, "Rigid cold curing resins for direct use in the oral cavity," *Br Dent J*, Vol.160, pp.391-394, 1986.
- [4] Arima T. Nikawa H, Hamada, and T, Harsini, "Composition and effect of denture base resin

- surface primers for reline acrylic resins," *J Prosthet Dent*, Vol.75, pp.457-462, 1996.
- [5] C. E. Vergani, R. S. Seo, A. C. Pavarina, and J. M. dos Santos Nunes Reis, "Flexural strength of autopolymerizing denture reline resins with microwavepostpolymerization treatment," *J Prosthet Dent*, Vol.93, pp.577-583, 2005.
- [6] T. Ohkubo, M. Oizumi, and T. Kobayashi, "Influence of methylmercaptan on the bonding strength of autopolymerizing reline resins to a heat-polymerized denture base resin," *Dent Mater J*, Vol.28, pp.426-432, 2009.
- [7] R. E. Ogle, S. E. Sorensen, and E. A. Lewis, "A new visible light cured resin system applied to removable prosthodontics," *J Prosthet Dent*, Vol.56, pp.497-506, 1986.
- [8] C. A. Arena, D. B. Evans, and T. J. Hilton, "A comparison of bond strengths among chairside hard reline materials," *J Prosthet Dent*, Vol.70, pp.126-131, 1993.
- [9] J. Haywood, R. M. Basker, C. J. Watson, and D. J. Wood, "A comparison of three hard chairside denture reline materials," *Eur J Prosthodont Restor Dent*, Vol.11, pp.157-163, 2003.
- [10] M. S. Beyli and J. A. von Fraunhofer, "Repair of fractured acrylic resin," *J Prosthet Dent*, Vol.44, No.4, pp.97-503, 1980.
- [11] M. Berge, "Bending strength of intact and repaired denture base resins," *Acta Odontol Scand*, Vol.41, pp.187-191, 1983.
- [12] J. Bunch, G. H. Johnson, and J. S. Brudvik, "Evaluation of hard direct reline resins," *J Prosthet Dent*, Vol.57, pp.512-519, 1987.
- [13] G. S. Kim, "The effect of denture cleansers on the bond strength and the surface hardness of reline resin to denture base resin," *J Korean society Dent Prosthet*, Vol.41, No.4, pp.493-502, 2003.
- [14] Arima T. Nikawa H, Hamada, and T, Harsini, "Composition and effect of denture base resin surface primers for reline acrylic resins," *J Prosthet Dent*, Vol.75, pp.457-462, 1996.
- [15] P. K. Vallittu, V. P. Lassila, and R. Lappalainen, "Wetting the repair surface with methyl methacrylate affects the transverse strength of repaired heat-polymerized resin," *J Prosthet Dent*, Vol.72, pp.639-643, 1994.
- [16] C. R. Leles, A. L. Machado, C. E. Vergani, E. T. Giampaolo, and A. C. Pavarina, "Bonding strength between a hard chairside reline resin and a denture base material as influenced by surface treatment," *J Oral Rehabil*, Vol.28, pp.1153-1157, 2001.
- [17] H. Matsumura, N. Tanoue, K. Kawasaki, and M. Atsuta, "Clinical evaluation of a chemically cured hard denture relining material," *J Oral Rehabil*, Vol.28, pp.640-644, 2001.
- [18] Y. Takahashi and J. Chai, "Assessment of shear bond strength between three denture reline materials and a denture base acrylic resin," *Int J Prosthodont*, Vol.14, pp.531-535, 2001.
- [19] H. Shimizu, T. Ikuyama, E. Hayakawa, F. Tsue, and Y. Takahashi, "Effects of surface preparation using ethyl acetate on the repair strength of denture base resin," *Acta Odontol Scand*, Vol.64, pp.159-163, 2006.
- [20] B. Canan, "Flexural properties of repaired heat-polymerising acrylic resin after wetting with monomer and acetone," *Gerodontol*, Vol.27, pp.217-223, 2010.
- [21] H. Kato, H. Matsumura, T. Ide, and M. Atsuta, "Improved bonding of adhesive resin to sintered porcelain with the combination of acid etching and a two-liquid silane conditioner," *J Oral Rehabil*, Vol.28, pp.102-108, 2001.

- [22] T. Ohkubo, M. Oizumi, and T. Kobayashi, "Influence of methylmercaptan on the bonding strength of autopolymerizing reline resins to a heat-polymerized denture base resin," *Dent Mater J*, Vol.28, pp.426-432, 2009.
- [23] M. Sadakane, T. Tada, S. Ide, M. Nakayama, N. Nishiya, S. Utsumi, Y. Torii, and K. Inoue, "Effect of additional heat cure on mechanical properties of light-cured composite resins: Part 1 Effect of silane treatment of filler," *Jpn J Conserv Dent*, Vol.35, pp.677-684, 1992.
- [24] G. S. Solnit, "The effect of methacrylate reinforcement with silane treated and untreated glass fibers," *J Prosthet Dent*, Vol.66, pp.310-314, 1991.
- [25] P. K. Vallittu, "Comparison of two different silane compound used for improving adhesion between fibers and acrylic denture base material," *J Oral Rehabil*, Vol.20, pp.533-539, 1993.
- [26] R. Newburg and C. H. Pameijer, "Composite resins bonded to porcelain with silane solution," *J Am Dent Assoc*, Vol.96, pp.288-291, 1978.
- [27] H. Kolodney, A. Puckett, B. Kistenmacher, and D. Weems, "Composite to silane-coated alloy bond strength following gypsum invested heat-processing," *J Dent Res*, Vol.71, p.278, 1992.
- [28] K. B. May, M. C. Van Putten, D. A. Bow, and B. R. Lang, "4-META polymethylmethacrylate shear bond strength to titanium," *Oper Dent*, Vol.22, pp.37-40, 1997.
- [29] J. O. Semmelman and P. R. Kulp, "Silane bonding porcelain teeth to acrylic," *J Am Dent Assoc*, Vol.76, p.69, 1968.
- [30] M. W. Daniel and L. F. Francis, "Silane adsorption behavior, microstructure, and properties of glycidoxypolytrimethoxy silane-modified colloidal silica coatings," *J Colloid Interface Sci*, Vol.205, pp.191-200, 1998.
- [31] S. K. Brown, "Mechanics of fracture in filled thermosetting resins," *Br Polymer J*, Vol.12, pp.24-30, 1980.
- [32] N. M. Mohsen and R. G. Craig, "Effect of silanation of fillers on their dispersability by monomer systems," *J Oral Rehabil*, Vol.22, pp.183-189, 1995.
- [33] J. S. Calais and K. J. M. Söderholm, "Influence of filler type and water, exposure on flexural strength of experimental composite resin," *J Dent Res*, Vol.67, pp.836-840, 1998.
- [34] R. McMoride and G. E. King, "Evaluation of primers used for bonding silicone to denture base materials," *J Prosthet Dent*, Vol.61, pp.636-639, 1989.
- [35] K. J. M. Söderholm, "Degradation of glass filler in experimental composites," *J Dent Res*, Vol.60, pp.1867-1875, 1981.
- [36] International Organization for standardization, ISO 29022. Dentistry-Dentistry-Adhesion-Notched edge shear bond strength test, Geneva: Switzerland, ISO, 2013.

저 자 소 개

최 에스더(Esther Choi)

정회원



- 2004년 8월 : 중앙대학교 보건학 과(보건학 석사)
- 2014년 2월 : 원광대학교 치의학 과(치의학박사)
- 2006년 3월 ~ 현재 : 혜전대학교 치기공과 교수

<관심분야> : 치과기공, 생체재료, 치과재료

권 은 자(Eun-Ja Kwon)

정회원



- 2000년 2월 : 단국대학교 보건행정학과(보건행정학 석사)
- 2007년 8월 : 배재대학교 재료공학과(공학 박사)
- 2003년 3월 ~ 현재 : 해전대학교 치기공과 교수

<관심분야> : 치과기공, 생체재료, 치과재료