

CAD/CAM 3-unit bridges의 변연 적합도에 관한 연구

이기홍 · 여인성 · 김성훈 · 한중석 · 이재봉 · 양재호*

서울대학교 치의학대학원 치과보철학교실

연구 목적: 본 연구에서는 CAD/CAM (computer-aided design / computer-aided manufacturing) 시스템으로 제작된 LAVA (3M ESPE, Seefeld, Germany) 3-unit bridge와 통상적인 방법으로 제작된 PFG 3-unit bridge의 변연 적합도를 비교 분석해 보고자 한다.

연구 재료 및 방법: 레진치를 전부 도재관을 위한 삭제제 시행하고 인상 채득하여 레진 모형 (Exakto-form model resin, Bredent, Senden, Germany)을 군당 10개씩 제작하였다. 레진 모형의 인상을 채득하여 석고 모형을 제작하고 PFG, LAVA 3-unit bridge를 10개씩 제작하였다. 제작된 bridge를 레진 모형에 접착하고 실체 현미경 (Stereoscopic microscope, Nikon DS-Fi 1, Nikon, Japan)을 사용하여 각 치아당 4점에서 변연 적합도를 측정하였다 ($\times 75$). 측정된 결과는 independent t-test로 통계 분석하였다 ($\alpha = 0.05$).

결과: 각 군에서 변연 적합도의 평균과 표준편차는 PFG bridge 중절치에서는 $97.1 \pm 18.7 \mu\text{m}$, 견치에서는 $76.6 \pm 21.8 \mu\text{m}$, LAVA bridge 중절치에서는 $90.4 \pm 26.7 \mu\text{m}$, 견치에서는 $110.2 \pm 30.2 \mu\text{m}$ 이었다. PFG 3-unit bridge와 LAVA 3-unit bridge에서 중절치에서는 통계적 유의성이 없었고, 견치에서는 LAVA의 변연 간격이 큰 것으로 나타났다 ($P < 0.05$).

결론: PFG 3-unit bridge와 LAVA 3-unit bridge 두 군 모두 임상적으로 받아들여질 만한 변연 적합도를 보였다. (대한치과보철학회지 2011;49:101-5)

주요단어: CAD/CAM, LAVA, PFG, 변연 적합도

서론

최근에 crown과 고정성 보철물에 수복에 있어 전부 도재 고정성 보철물이 많이 사용되고 있다. 이는 좀더 향상된 심미성에 대한 요구가 늘어나고, 전부 도재관의 정확도와 강도가 이전보다 많이 발전된 것에 기인한다.^{1,4}

높은 강도를 가진 oxide ceramic의 발달은 전부 도재 고정성 보철물에 있어서 많은 관심을 유발시켰다. Yttria-stabilized tetragonal zirconia polycrystal (Y-TZP)로 제작된 고정성 보철물의 강도는 임상적으로 구치부 bridge에 사용하기에 적합하다고 증명될 정도로 전통적인 metal-ceramic 보철물의 강도에 필적하고 있다.^{5,6} 전부 도재관의 강도를 증가시키는 방법 중에 zirconia block을 삭제하여 보철물을 제작하는 방법이 가장 높은 강도를 보인다. 하지만 초기에는 강도는 우수하지만 정확도가 떨어져 변연 적합도에 문제를 보였다. 정확한 변연 적합도는 보철물의 장기적인 성공에 중요한 요소 중 하나이다. 시간이 지남에 따라 이 문제는 점점 개선되었는데 이는 CAD/CAM 과정의 발달로 이루어졌다.^{7,8}

LAVA all-ceramic system은 CAD/CAM 과정을 통해 전치부와 구치부 crown과 bridge를 제작할 수 있다.⁹ Ceramic framework은 zirconia로 제작되고 특별한 porcelain으로 veneering된다. Framework은 pre-sintered blank를 이용하여 CAD/CAM과정 (scanning, computer-aided design, computer-aided manufacturing)을 통해 제작된다. Pre-sin-

tered zirconia blank는 semisintered, porous state로 chalk-like한 성상으로 강도가 높지 않아 CAM unit에서의 삭제가 용이하다.¹⁰ 삭제 후 sintering 과정을 거치면 최종 밀도와 최고 강도에 도달하게 된다. 하지만 이 과정에서 20 - 30%의 sintering shrinkage를 동반하게 된다. 이 shrinkage를 CAD 과정에서 정확히 보상하여야 정확한 fitting accuracy를 갖는 zirconia 보철물을 제작할 수 있다.

많은 연구들이 다양한 system과 재료로 제작된 crown의 변연 적합도를 평가하였다. 초기에 CAD/CAM system으로 제작된 보철물들은 적합성이 좋지 않았으나 최근에는 scanning, milling 장비의 발달과 재료의 발달로 적합성이 크게 좋아졌다. 현재는 multi-unit 보철물에 대한 연구가 활발하게 진행중이다.

본 연구의 목적은 CAD/CAM system인 LAVA all-ceramic system으로 제작된 3-unit bridge와 전통적으로 가장 적합성이 좋은 PFG 3-unit bridge의 변연 적합도를 비교 평가하는 것이다.

연구 재료 및 방법

실험을 위해 Dentiform (Columbia dentoform corp., New York, USA)의 상악 우측 측절치 (#12)를 제거하고 상악 우측 중절치 (#11)와 상악 우측 견치 (#13)에 지대치 형성을 위한 삭제를 시행하였다. 절단축 2 mm, 순축은 1.0 - 1.2 mm 삭제하였고, 측면은 삽입로에 맞추어 6 - 8도의 경사도를 갖도록 하였다. 변연은 치아 전체에 걸쳐 1 mm의 deep chamfer margin을 부여하였다 (Fig. 1, 2).

*교신저자: 양재호

110-749 서울시 종로구 연건동 28 서울대학교 치의학대학원 치과보철학교실 02-2072-3393; e-mail, jhoyang@snu.ac.kr

원고접수일: 2010년 10월 4일 / 원고최종수정일: 2011년 2월 14일 / 원고채택일: 2011년 3월 11일



Fig. 1. Prepared resin teeth embedded in stone (labial view).

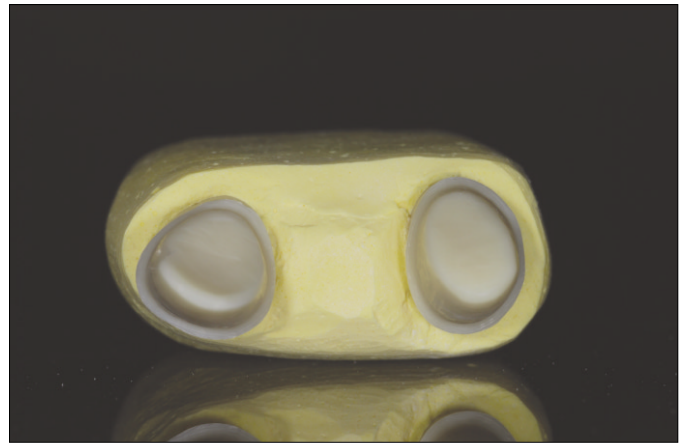


Fig. 2. Prepared resin teeth embedded in stone (incisal view).

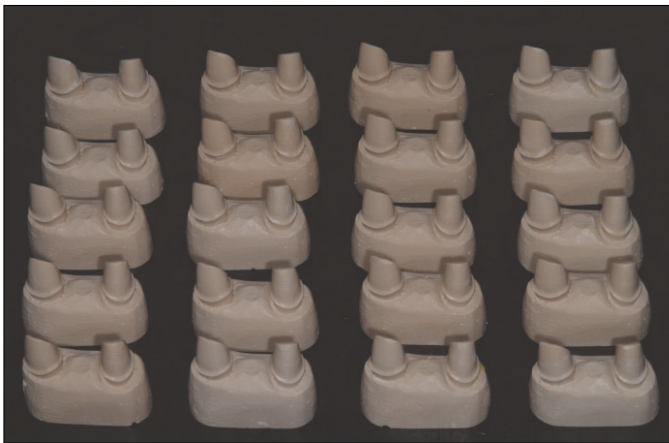


Fig. 3. Resin models.



Fig. 4. LAVA and PFG bridges.

지대치 삭제 후 인상을 부가 중합형 실리콘 인상재 (Exafine, GC, Tokyo, Japan)로 putty와 light body를 이용하여 인상을 채득하였다. 20개의 인상을 채득하여 20개의 레진 모형 (Exakto-Form, Bredent, Senden, Germany)을 제작하였다 (Fig. 3). 제작된 레진 모형은 10개씩 두 군으로 분류하였다. 각각의 레진 모형을 다시 인상 채득하여 20개의 초경석고 모형을 제작하였다. 이 중 10개는 통상적인 PFG 3-unit bridge를 제작하였고 10개는 LAVA (3M ESPE, Seefeld, Germany) 3-unit bridge를 제작하였다 (Fig. 4). PFG bridge는 통상적인 방법으로 veneering 하였고 LAVA는 제조사의 추천대로 제작하였다. 제작된 각각의 bridge를 레진 모형에 레진 시멘트 (RelyX Unicem, 3M ESPE, Germany)를 이용하여 접착하였다. 접착시에는 임상적인 상황을 재현하기 위해 finger pressure를 이용해 접착하였다. 각각의 시편의 변연 적합도를 실체현미경 (Stereoscopic microscope, Nikon DS-Fi 1, Nikon, Japan)을 이용하여 75배의 배율로 측정하였다. 각 지대치 당 순면, 설면, 근심, 원심의 4점에서의 거리를 측정하였다. 측정 시에 connector 하방의

측정을 위하여 connector를 절단하여 측정하였다. Gap은 크라운 변연의 임의의 한 점에서 치아 변연에 수직선을 그은 점 중에 가장 가까운 점을 선택하여 측정되었다. 모든 측정치는 software system으로 계산되었다. 한 지대치당 순면, 설면, 근심, 원심의 측정치를 얻었고 전체의 평균과 표준편차를 계산하였다. 두 군간 변연 적합도에 유의한 차이가 있는지를 분석하기 위해 SPSS를 이용하여 independent t-test를 시행하였다 ($\alpha = 0.05$).

결과

각 군에서 치아당 변연 간격의 평균과 표준편차는 PFG bridge의 경우 중절치에서 $97.1 \pm 18.7 \mu\text{m}$, 견치에서 $76.6 \pm 21.8 \mu\text{m}$, LAVA bridge에서 중절치는 $90.4 \pm 26.7 \mu\text{m}$, 견치는 $110.2 \pm 30.2 \mu\text{m}$ 을 얻었다. 각 군의 비교를 위한 independent t-test 통계분석 결과 중절치에서는 유의한 차이를 보이지 않았고 견치에서는 유의성 있는 차이가 있었다 ($P = .011$).

각 군의 평균과 표준편차를 Table 1에 정리하였다.

Table 1. Mean values and standard deviations of marginal fit in each groups (μm)

	LAVA incisor	LAVA canine	PFG incisor	PFG canine
Mean	90.4	110.2	97.1	76.6
SD	26.7	30.2	18.7	21.8

T-test 결과를 Table 2에 정리하였다.

Table 2. Independent t-test

		t-test for Equality of Means		
		t	df	Sig. (2-tailed)
FPDIN	Equal variances assumed	-0.651	18	.523
	Equal variances not assumed	-0.651	16.096	.524
FPDCA	Equal variances assumed	2.854	18	.011
	Equal variances not assumed	2.854	16.39	.011

고찰

변연의 정확성은 고정성 보철물의 장기적인 성공을 보장하는 중요한 요소이다. 보철물의 변연이 정확하지 않으면 치태의 침착을 증가시키고 구강내 미생물의 분포의 변화를 일으켜 치주질환과 치아우식증을 유발시킬 수 있다.¹¹⁻¹⁴ 또한 접착제의 빠른 용해를 야기할 수 있고 이에 따른 보철물의 파절도 일으킬 수 있다.^{15,16} 따라서 변연 적합도는 수복물의 평가시 일차적으로 고려되어야 한다.

이전에 임상적으로 받아들여질 수 있는 변연의 크기에 대한 많은 연구가 이루어져 왔다. ADA (American Dental Association)¹⁷에서는 ADA specification #8을 통해서 이 범위를 25 - 40 μm 이라 정하였고, Ostlund¹⁸는 50 μm 를 넘지 말아야 한다고 하였으나 이들은 실현가능성이 적은 것으로 여겨진다. Sulaiman 등¹⁹은 100 μm , McLean과 Frauenhofer²⁰는 120 μm , Gulker²¹는 200 μm 까지도 임상적으로 받아들여질 만하다고 보고하였다. Moldovan 등²²은 변연 오차가 100 μm 인 것은 “good”으로 200 - 300 μm 인 것은 “acceptable”로 간주하였다. CAD/CAM system의 발달은 전부도재관의 강도 증가와 함께 정확도의 증가를 가능하게 해주었다. 최근 CAD/CAM system의 변연의 정확도는 다른 전부도재관 system과 심지어는 전통적인 금속 도재관에 필적한다. Bindl과 Mormann은 CAD/CAM 3-unit bridge의 변연 적합도에 대한 실험에서 slip casting and CAM technique보다 좋은 변연 및 내면 적합도를 보였다고 보고하였다.²³ 이 실험에서는 레진 시멘트로 접착한 후 SEM을 이용하여 측정하였다. Romeo 등²⁴은 CAD/CAM crown이 전통적인 waxing-investing-casting technique의 좋은 대안으로 간주될 수 있다고 발표하였다. Kohorst 등²⁵은 다른 종류의 CAD/CAM system의 변연 적합도를 4-unit bridge를 제작하여 비교하였다. 이 실험에서는 시멘트를 사용하지 않고 silicone을 사용

하여 변연 간격과 내면 간격을 측정하였다. 4종류의 system 모두 acceptable 한 결과를 보였고, 특히 fully sintered blank를 사용하는 system이 가장 좋은 결과를 보였다고 하였다. Reich 등¹은 LAVA 3-unit bridge를 사용한 임상실험에서 평균 64 μm 의 변연 간격을 보인다고 보고하였다. Retainer에 silicone 인상재를 담아 환자의 치아에 적합시킨 후 film의 두께를 측정하였다. 본 연구에서는 전통적으로 제작된 PFG와 CAD/CAM으로 제작된 LAVA와의 변연 적합도를 비교하였다. PFG는 gold의 좋은 주조성과 접합성으로 가장 좋은 변연 적합도를 보이는 보철물로 알려져 왔다. 실험에서 얻은 측정치는 양 군에서 모두 임상적으로 받아들여질 수 있는 범주에 포함되었다. 하지만 이전의 연구보다는 약간 높은 측정치를 보인다. 이번 실험에서 모든 bridge를 접착시킬 때에 finger pressure로 힘을 가했는데 이는 전치부인 점을 고려하여 임상적인 상황을 재현하려 함이었다. 구치부 bridge인 경우에는 50N의 힘을 일률적으로 가할 수 있는 장치를 사용하여 부착시킨 연구가 많았는데 전치부는 이 교합력이 작용할 수 없다. 따라서 측정치가 높게 나올 수 있었던 것으로 생각된다. 본 실험에서는 레진 모형 20개를 제작한 후 인상 채득하여 각각의 석고 모형을 다시 제작하여 bridge를 제작한 후 레진 모형에 접착시켰다. 따라서 이전의 연구 중 bridge를 제작한 모형에 바로 부착한 실험에서 보다는 오차가 생길 가능성이 더 클 수 있다 하겠다. 본 실험에서 사용한 시멘트는 레진 시멘트이다. Zirconia 보철물의 접착이 안정적으로 유지되기 위해서는 레진 시멘트가 필요하다고 추천된다.^{26,27} 변수를 줄이기 위하여 PFG도 레진 시멘트로 부착하였는데 film thickness가 작은 시멘트를 사용하였다면 PFG의 측정치가 감소하였을 것으로 사료된다. 각 군의 중절치에서는 측정값이 유의한 차이가 없었으나 견치에서는 통계적으로 유의한 차이를 보였다. CAD/CAM system에서 변위를 보이는 원인으로는 scanning시의 오차, milling시의 오차, sintering시에 발생하는 수축 등을 들 수 있다. 또 중절치와 견치의 삭제된 모양의 차이나 제작되는 치아의 형태에 차이에도 영향이 있을 수 있을 것이라 생각된다. Kunii 등²⁸은 보철물의 부정확한 적합에 대한 효과는 보철물이 클수록 더 크다고 보고하였다. 보철물의 길이, 무치악인 부분의 길이, 또 제작되는 보철물의 형태나 각도에 따른 고려가 더 필요하다고 생각된다. 본 실험에서는 내면 적합도에 관한 부분은 제외되었다. 내면 적합도는 변연 적합도에 영향을 주는 부분이기 때문에 앞의 내용과 함께 더 많은 연구가 필요하다고 생각된다.

결론

본 연구는 전통적인 PFG 3-unit bridge와 CAD/CAM으로 제작되는 LAVA 3-unit bridge의 변연적합도를 비교 분석하기 위한 실험으로 다음과 같은 결과를 얻었다.

1. 변연 간격의 측정값은 PFG bridge 중절치는 평균 $97.1 \pm 18.7 \mu\text{m}$, 견치는 $76.6 \pm 21.8 \mu\text{m}$, LAVA bridge 중절치는 $90.4 \pm 26.7 \mu\text{m}$, 견치는 $110.2 \pm 30.2 \mu\text{m}$ 를 얻었다.

2. 각 군의 중절치는 통계적 유의성이 없었고, 견치에서는 PFG bridge에서 유의적으로 변연 간격이 작았다 ($P=.011$).
3. PFG 3-unit bridge와 LAVA 3-unit bridge 모두 임상적으로 받아들여질 만한 변연 적합도를 보였다.

참고문헌

1. Reich S, Wichmann M, Nkenke E, Proeschel P. Clinical fit of all-ceramic three-unit fixed partial dentures, generated with three different CAD/CAM systems. *Eur J Oral Sci* 2005;113:174-9.
2. Proßter L. Four year clinical study of glass-infiltrated, sintered alumina crowns. *J Oral Rehabil* 1996;23:147-51.
3. Odén A, Andersson M, Krystek-Ondracek I, Magnusson D. Five-year clinical evaluation of Procera AllCeram crowns. *J Prosthet Dent* 1998;80:450-6.
4. Odman P, Andersson B. Procera AllCeram crowns followed for 5 to 10.5 years: a prospective clinical study. *Int J Prosthodont* 2001;14:504-9.
5. Sailer I, Fehér A, Filser F, Gauckler LJ, Lüthy H, Hammerle CH. Five-year clinical results of zirconia frameworks for posterior fixed partial dentures. *Int J Prosthodont* 2007;20:383-8.
6. Tinschert J, Natt G, Mautsch W, Augthun M, Spiekermann H. Fracture resistance of lithium disilicate-, alumina-, and zirconia-based three-unit fixed partial dentures: a laboratory study. *Int J Prosthodont* 2001;14:231-8.
7. Filser F, Kocher P, Weibel F, Lüthy H, Schäfer P, Gauckler LJ. Reliability and strength of all-ceramic dental restorations fabricated by direct ceramic machining (DCM). *Int J Comput Dent* 2001;4:89-106.
8. Raigrodski AJ, Chiche GJ, Potiket N, Hochstedler JL, Mohamed SE, Billiot S, Mercante DE. The efficacy of posterior three-unit zirconium-oxide-based ceramic fixed partial dental prostheses: a prospective clinical pilot study. *J Prosthet Dent* 2006;96:237-44.
9. Piwowarczyk A, Ottl P, Lauer HC, Kuretzky T. A clinical report and overview of scientific studies and clinical procedures conducted on the 3M ESPE Lava All-Ceramic System. *J Prosthodont* 2005;14:39-45.
10. Suttor D, Bunke K, Hoescheler S, Hauptmann H, Hertlein G. LAVA—the system for all-ceramic ZrO₂ crown and bridge frameworks. *Int J Comput Dent* 2001;4:195-206.
11. Goldman M, Laosonthorn P, White RR. Microleakage-full crowns and the dental pulp. *J Endod* 1992;18:473-5.
12. Valderhaug J, Birkeland JM. Periodontal conditions in patients 5 years following insertion of fixed prostheses. Pocket depth and loss of attachment. *J Oral Rehabil* 1976;3:237-43.
13. Valderhaug J, Heloe LA. Oral hygiene in a group of supervised patients with fixed prostheses. *J Periodontol* 1977;48:221-4.
14. Lang NP, Kiel RA, Anderhalden K. Clinical and microbiological effects of subgingival restorations with overhanging or clinically perfect margins. *J Clin Periodontol* 1983;10:563-78.
15. Felton DA, Kanoy BE, Bayne SC, Wirthman GP. Effect of in vivo crown margin discrepancies on periodontal health. *J Prosthet Dent* 1991;65:357-64.
16. Jacobs MS, Windeler AS. An investigation of dental luting cement solubility as a function of the marginal gap. *J Prosthet Dent* 1991;65:436-42.
17. Reports of councils and bureau: revised American National Standard Institute American Dental Association (ANSI-ADA) specification no.8 for zinc-phosphate cement. *J Am Dent Assoc* 1978;96:121.
18. Ostlund LE. Cavity design and mathematics: their effect on gaps at the margins of cast restorations. *Oper Dent* 1985;10:122-37.
19. Sulaiman F, Chai J, Jameson LM, Wozniak WT. A comparison of the marginal fit of In-Ceram, IPS Empress, and Procera crowns. *Int J Prosthodont* 1997;10:478-84.
20. McLean JW, von Fraunhofer JA. The estimation of cement film thickness by an in vivo technique. *Br Dent J* 1971;131:107-11.
21. Gulker I. Margins. *N Y State Dent J* 1985;51:213-5, 217.
22. Moldovan O, Rudolph H, Quaas S, Bornemann G, Luthardt RG. Internal and external fit of CAM-made zirconia bridge frameworks—a pilot study. *Dtsch Zahnärztl Z* 2006;61:38-42.
23. Bindl A, Mörmann WH. Fit of all-ceramic posterior fixed partial denture frameworks in vitro. *Int J Periodontics Restorative Dent* 2007;27:567-75.
24. Romeo E, Iorio M, Storelli S, Camandona M, Abati S. Marginal adaptation of full-coverage CAD/CAM restorations: in vitro study using a non-destructive method. *Minerva Stomatol* 2009;58:61-72.
25. Kohorst P, Brinkmann H, Li J, Borchers L, Stiesch M. Marginal accuracy of four-unit zirconia fixed dental prostheses fabricated using different computer-aided design/computer-aided manufacturing systems. *Eur J Oral Sci* 2009;117:319-25.
26. Cavalcanti AN, Foxton RM, Watson TF, Oliveira MT, Giannini M, Marchi GM. Y-TZP ceramics: key concepts for clinical application. *Oper Dent* 2009;34:344-51.
27. Mizrahi B. The anterior all-ceramic crown: a rationale for the choice of ceramic and cement. *Br Dent J* 2008;205:251-5.
28. Kunii J, Hotta Y, Tamaki Y, Ozawa A, Kobayashi Y, Fujishima A, Miyazaki T, Fujiwara T. Effect of sintering on the marginal and internal fit of CAD/CAM-fabricated zirconia frameworks. *Dent Mater J* 2007;26:820-6.

A study on the marginal fit of CAD/CAM 3-unit bridges

Ki-Hong Lee, DDS, MSD, In-Sung Yeo, DDS, MSD, PhD, Sung-Hun Kim, DDS, PhD,
Jung-Suk Han, DDS, MSD, PhD, Jai-Bong Lee, DDS, MSD, PhD, Jae-Ho Yang*, DDS, MSD, PhD

Department of Prosthodontics, College of Dentistry, Seoul National University, Seoul, Korea

Purpose: The purpose of this study was to assess the marginal fit of three-unit bridges produced using LAVA CAD/CAM (computer-aided design/computer-aided manufacturing) system and conventional PFG *in vitro*. **Materials and methods:** #11, 13 resin teeth were prepared on dentiform, then duplicated. Twenty resin models were fabricated, ten for PFG 3-unit bridges and ten for LAVA 3-unit bridges. Each bridge was cemented on the resin model. Marginal discrepancy was measured with stereoscopic microscope (Nikon DS-Fi 1, Nikon, Japan) at a magnification of $\times 75$. Independent t-test was done for the statistical analysis. **Results:** The mean marginal discrepancy values and standard deviations of the PFG bridges was $97.1 \pm 18.7 \mu\text{m}$ for incisors, $76.6 \pm 21.8 \mu\text{m}$ for canines; that of the LAVA bridges was $90.4 \pm 26.7 \mu\text{m}$ for incisor, $110.2 \pm 30.2 \mu\text{m}$ for canines. The mean marginal discrepancy between PFG and LAVA for incisor did not show significant difference ($P > .05$). But for canine, the mean marginal discrepancy of PFG bridges was smaller than that of LAVA bridges ($P < .05$). **Conclusion:** The LAVA CAD/CAM 3-unit bridges and the PFG 3-unit bridges showed clinically acceptable marginal discrepancy. (*J Korean Acad Prosthodont* 2011;49:101-5)

Key words: CAD/CAM, LAVA, PFG, Marginal fit

*Corresponding Author: **Jae-Ho Yang**

Department of Prosthodontics, College of Dentistry, Seoul National University 28, Yongon-dong, Chongro-gu, Seoul 110-749, Korea

+82 2 2072 3393: e-mail, jhoyang@smu.ac.kr

Article history

Received October 4, 2010 / Last Revision February 14, 2011 / Accepted March 11, 2011