

쾌속 조형 기술을 이용하여 제작된 3본 고정성 보철물의 적합도 평가

김 기 백, 김 재 흥, 김 응 철, 김 혜 영, 김 지 환
고려대학교 일반대학원 보건과학과 치의기공전공

Marginal fit evaluation of 3 unit fixed dental prostheses fabricated by rapid prototyping method

Ki-Baek Kim, Jae-hong Kim, Woong-Chul Kim, Hae-young Kim, Ji-Hwan Kim
Dept. of health science specialized in Dental Lab. Science & Engineering, Graduate school, Korea University

[Abstract]

Purpose: The purpose this study was to evaluate the marginal fitness of metal copings fabricated using rapid prototyping method and to compare the fitness with copings by conventional method. Then clinical availability of fixed dental prostheses (FDPs) fabricated using rapid prototyping method shall be confirmed based on marginal fitness.

Methods: Ten same cases of 3 unit FDPs epoxy models (abutment teeth 14 and 16) were manufactured. Each of ten epoxy models were scanned by 3shape D-700 scanner to be designed by experienced technician, and photopolymer 3 unit FDPs were fabricated using rapid prototyping method and fabricated using Lost wax technique (LW) with same models. Marginal fitness of 3 unit FDPs were measured by silicone replica technique. T-test of independent sample for statistical analysis was executed with SPSS 12.0K for Windows. ($\alpha=.05$)

Results: Significantly higher mean (SD) marginal fitness ($P<.000$) were observed in the RP group (95.9 (18.0) μm) compared to the conventionally LW group (80.1 (13.8) μm).

Conclusion: Marginal fitness of LW group showed excellent rather than RP group. However marginal fitness of 3 unit FDPs fabricated by RP method did not get out of clinical allowance value range significantly to allow clinical application.

○ **Key words :** Marginal fit, Rapid prototyping, RP, CAD/CAM

교신저자	성명	김 지 환	전화	010-6270-0341	E-mail	kjh2804@korea.ac.kr	
	주소	서울시 성북구 정릉3동 산 1번지 고려대학교					
접수일	2012. 4. 19		수정일	2012. 5. 28		확정일	2012. 6. 26

I. 서론

최근 치아의 색과 유사한 도재 보철물의 선호도가 높아지고 있다. 금속 소부 도재관(Porcelain fused to metal crown, PFM)은 치과 분야에서 폭 넓게 사용되는 보철물 중에 하나이다. 금속 소부 도재관은 삭제된 치아 위에 금속하부구조물을 제작한 후 그 위에 도재를층성한다.

최근 CAD/CAM의 보급이 늘어나면서 금속 소부 도재관의 하부 구조물의 재료로 지르코니아를 이용한 전부 도재관의 형태가 새롭게 소개되고 있다. 그러나 아직 하부 구조물의 재료로서 금속을 많이 이용하기 때문에 주조를 이용한 금속은 보철 치료의 가장 중요한 요소 중에 한가지이다.

주조 합금은 흔히 고정성 보철 치료를 위한 제작에 사용되는데, 예를 들면 주조용 인레이, 온레이, 크라운, 브릿지, 고정성 국소의치 등을 말한다. 고정성 보철물들은 기공소에서 lost wax(LW)기술과 주조를 통하여 제작이 된다. LW기술은 Taggart가 1907년에 소개한 방법이다(Anusavice 2003).

LW기술과 주조를 이용한 보철물 제작 방식에 의하면, 첫 번째로 치료실에서 치과 의사가 환자의 인상을 채득한다. 이 작업은 환자로 하여금 불편함을 준다. 인상이 채득되면 치과기공사는 조심스럽게 인상체에 석고를 주입하게 된다. 석고 모형이 완성되면 필요에 따라 핀 작업 등을 거쳐 최종 작업 모형이 완성된다. 그 후에 해당 작업 치아에 왁스를 이용하여 납형을 제작한 후 통상적인 방법에 따라 매몰, 소환, 주조과정을 거쳐 보철물이 만들어지는 방법이다.

현재 많은 캐드캠(CAD/CAM, computer-aided design/computer-aided manufacturing) system들이 치과용 장비로서 개발되어 있다. 캐드캠 장비를 이용하면 치과 기공소에서는 고정성 보철물을 종전보다 신속하게 제작하는 것이 가능해진다. 캐드캠을 이용한 치과 보철물의 제작과정이 처음 소개된 것은 20여년 전인데(Rekow 1987), 세라믹 인레이와 세라믹 비니어링 제작을 통하여 처음 소개되었다. 그 후 몇몇 연구팀들에 의해 캐드캠을 이용하여 다른 보철물로서의 적용이 가능하다고 보고되었다(Heyhann et al, 1996; Jemt et al, 1999; Pallesen,

2000).

쾌속조형(RP, Rapid prototyping)기술은 스캐너를 이용하여 스캔이 완료된 3차원 데이터를 캐드 소프트웨어를 이용하여 디자인 한다. 디자인이 완료된 데이터를 RP 장비로 전송한 뒤 해당데이터를 기초로 박막 적층 기법을 이용하여 원하는 완성품을 생산해내는 기술이다. 박막 적층 기법은 캐드 데이터로부터 해당되는 부분에 선택적으로 자외선 빛의 빔을 광중합체에 조사하면, 조사되는 부분만이 약 0.025-0.05mm의 얇은 층으로 중합이 완료된다. 얇은 층들이 쌓이고 쌓여 적층되는 방식으로 원하는 결과물을 완성한다. RP기술을 이용하면 그 동안 기공소에서 보철물을 제작하기 위하여 행하였던 여러 작업들이 생략되므로 시간을 절약할 수 있다. 뿐만 아니라 최근에는 RP장비를 이용하여 국소의치의 금속 구조물의 제작이 가능해지면서, RP기술은 다양한 치과 기공분야에 응용이 가능하다.

고정성 보철물이 구강 내에 성공적으로 기능하기 위한 여러 가지 요소 중 한가지는 해당 보철물의 변연 적합도이다. 본 연구의 목적은 RP를 이용하여 제작된 3본 고정성 보철물의 변연적합도를 기준으로 하여 동일 모형에 기존의 LW기술과 주조를 이용하여 제작된 3본 고정성 보철물의 변연적합도와의 비교를 통해 임상적 허용 여부를 평가하고자 한다.

II. 연구 방법

1. 연구 모형 제작

본 실험을 위하여 상악 우측 제2소구치가 결손치이고, 상악 우측 제1소구치와 상악 우측 제1대구치가 지대치인 모형을 채택하였다(Model #3017, Viade products, California, U.S.A). 지대치인 상악 우측 제1소구치와 상악 우측 제1대구치를 삭제량 1.2mm, 360°로 삭제하고, 변연부는 챔퍼(Chamfer)형태로 형성하였다. 축의 삭제량 조절을 위하여 실리콘(Zerosil, DreveDentamid GmbH, Unna, Germany)으로 삭제 전 본래 치아의 인상을 채득한 후 확인을 하면서 삭제하였다. 지대치 형성이 완료된 후에 레진(Trayplast, Vertex, Netherlands)을 이용하여

개인용 인상 트레이를 제작하였고, 실리콘(Fresh, DreveDentamid GmbH, Unna, Germany) 인상을 통하여 인상체 10개를 만든 후에에폭시 레진 (Modralit® 3K, DreveDentamid GmbH, Unna, Germany)을 주입하여 모형 10개를 <Fig. 1>과 같이 완성하였다.

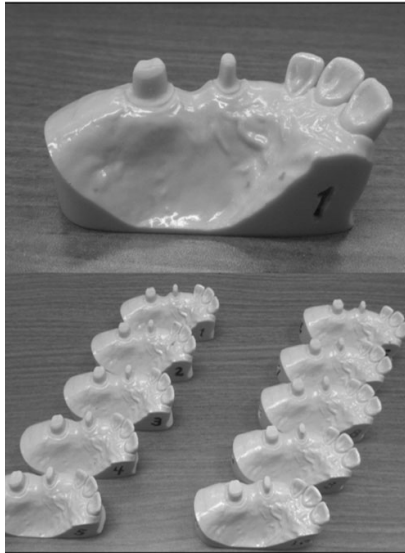


Fig. 1. The models of epoxy resin in this study (10 pieces)

2. 시편 제작

3차원 프린팅 기술을 이용하기 위해서는 보철물의 디자인이 완료된 3차원 캐드 데이터가 필요하다. 보철물의 디자인을 위하여 모형 10개를 레이저 스캐너(D-700, 3shape A/S, Copenhagen, Denmark)를 이용하여 스캐

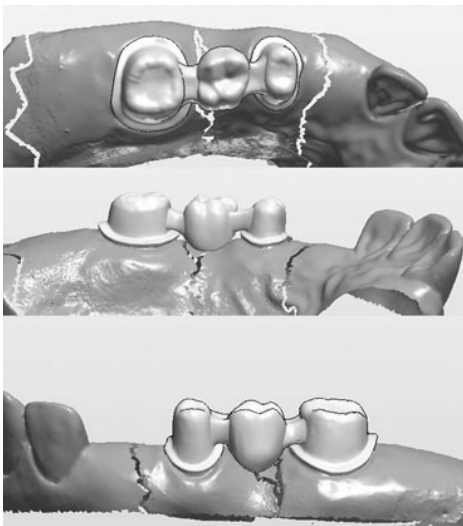


Fig. 2. Screen shot on CAD frameworks

닝을 한 후 디지털화 하였다. 정밀한 스캐닝을 위하여 1차로 모형 전체를 스캐닝 한 후 2차로 상악 우측 제1소구치와 상악 우측 제1대구치 각각 1지대치씩 따로 노출하여 스캐닝을 하였다. 스캐닝이 완료된 디지털 모형에 숙련된 기술자가 소프트웨어를 이용하여 보철물을 <Fig. 2>와 같이 설계하였다.

설계가 완료된 파일을 기초로RP기술 중에 하나인 3차원 프린팅 장비 (ProJet™ DP3000, 3DSystems, Rock Hill, SouthCarolina, USA)를 이용하여 광중합레진을프린팅하는 기술로 10개의 시편을 <Fig. 3>과 같이 제작하였다. 완료된 레진 보철물은 통상적인 방법으로 주입선을 부착하고, 매몰, 소환과정을 거쳐 주조하였다. 주조체는 연마작업을 통하여 최종 시편 10개를 실험군(RP group)으로서 완성하였다.



Fig. 3. Photopolymer 3 unit FDPs by rapid prototyping technique (3D printing technique)

완성된 실험군을 비교할 대조군을 제작하기 위하여 10개의 에폭시 모형에 숙련된 기술자가 반복 축성법을 이용하여 납형을 제작하였다. 납형 제작 완료 후 변연 부위는 보다 정밀한 제작을 위해 현미경을 이용하여 점검되었으며, 그 후 실험군의 시편들과 마찬가지로 주입선 부착, 매몰, 소환, 주조 및 연마를 통하여 대조군(LW group)을 완성하였다.

3. 변연 적합도 측정

변연 적합도를 측정하기 위하여 보철물의 내면을연질 실리콘(Aquasil Ultra XLV, DensplyDeTrey GmbH, Konstanz, Germany)으로 채웠다. 연구 모형에 보철물을시적한 후에 손가락을 이용하여 치아 장축 방향으로 압력을 가하였다. 경화된 후에보철물을 제거하고 경질 실리콘(Aquasil Ultra Monophase, DensplyDeTrey GmbH, Konstanz, Germany)을 이용하여 연질 실리콘

을 고정하였다. 경화가 끝난 후에 매스를 이용하여 각 지대치 별로 협-설 방향과, 근-원심 방향으로 <Fig. 4>와 같이 절단하였다. 절단된 실리콘 단면은 전자 현미경 (KH-7000, HIROX, Japan)으로 160배 확대하여 <Fig. 5>처럼 변연 적합도를 측정하였다.

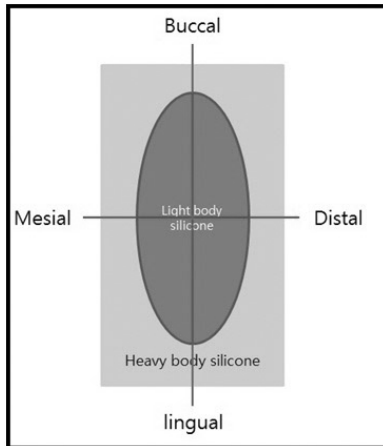


Fig. 4. Occlusal view of the perpendicular section through the surface of the silicone replica in four sections (Bucco-lingual, mesio-distal section)

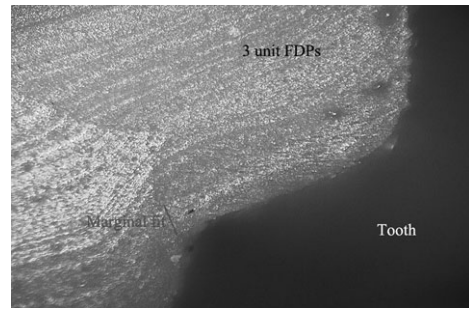


Fig. 5. Measurement of marginal fit by digital microscope (x160)

4. 통계 분석

통계 분석에는 SPSS 12.0 KO for Windows 프로그램을 사용하였다. 전자 현미경을 통해 2그룹 총 20개의 시편을 가지고 획득된 변연 적합도의 수치를 토대로 모수 검정인 독립표본 t-검정을 이용해 분석하였으며, 제 1 종 오류수준은 0.05로 하였다 (유의수준 95%).

III. 결 과

RP 기술과 LW기술로 제작된 3분 고정성 보철물의 변연 적합도의 평균 (표준편차)은 <Fig. 6>과 같다.

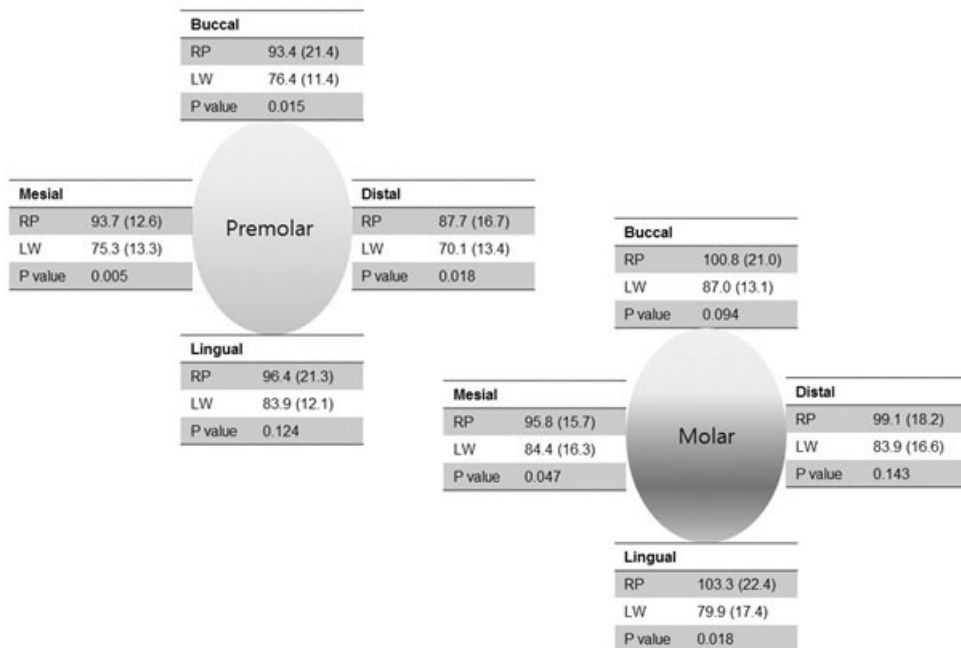


Fig. 6. Mean (SD) expressed in μm of the marginal fit of 3 unit FDPs by rapid prototyping (RP) technique and lost wax (LW) technique (n=10)

제작 방식의 차이에 의한 변연 적합도의 차이를 알아보기 위하여 실험군인 RP집단과 대조군인 LW집단의 각 치아간 비교를 하였다. 그 결과 Fig. 6에서와 같이 소구치에서는 설면(P=.124)을 제외한 나머지 근심면(P=.005), 원심면(P=.018), 협면(P=.015)에서 통계적으로 유의한 차이가 있었다. 대구치에서는 원심면(P=.143)과 협면(P=.094)에서는 유의한 차이가 없었으며, 근심면(P=.047)과 설면(P=.018)에서 유의한 차이가 있었다.

근심면, 원심면, 협면, 설면의 구분 없이 한 치아의 전체 평균(표준편차)과 면과 치아 모두 구분하지 않고 단순히 제작 방식에 의한 평균(표준편차)은 <Table 1>과 같다. 제작 방식의 차이에 의한 각 치아의 비교에서 소구치와 대구치 모두 통계적으로 유의한 차이가 있었으며(P<.001), 치아를 무시한 단순히 제작 방법에 의한 차이를 비교한 결과에서도 역시 통계적으로 유의한 차이가 있었다(P<.001).

Table 1. Comparison on 3 unit FDPs marginal fit of the between rapid prototyping technique and lost wax technique (μm)

Group	Premolar (n=40)	Molar (n=40)	Total (n=80)
RP	92.8 (16.7)	98.9 (19.0)	95.9 (18.0)
LW	76.4 (13.1)	83.8 (13.7)	80.1 (13.8)
P value	.001	.001	.001

IV. 고 찰

보철물의 임상적 허용 여부를 판단함에 있어서 해당 보철물의 변연 적합도는 하나의 중요한 척도이다. 변연 적합도와 관련한 선행 연구를 보면 새로운 재료와 새로운 기술을 이용하여 제작된 보철물의 변연 적합도와 내면 적합도를 평가한 논문이 대 다수에 이른다(Al Wazzan and Al-Nazzawi 2007; Jesus Suarez et al, 2005; Witkowski et al, 2006). 비록 본 실험에서의 측정이 구강 내 측정이 아니라 치아 모형에서 측정을 했다는 점에서 비롯된 오차가 존재하겠으나, 새로운 가공 방법인 RP기술로 제작한 보철물의 변연 적합도를 측정하여 임상적 적용 여부를 평가하였다는 점에서 중요성을 갖는다.

본 연구에서는 RP 기술을 이용한 3본 고정성 보철물의 변연 적합도를 측정하여 기존의 전통적인 고정성 보철물의 제작 방식이었던 LW기술을 이용하여 제작된 3본 고정성 보철물의 변연 적합도와 비교하여 임상적 허용 가능성을 평가하고자 하였다. 본 연구의 귀무 가설로는 LW기술과 RP기술을 이용하여 제작된 보철물들의 변연 적합도는 통계적으로 유의한 차이가 없을 것으로 설정하였으나 <Table 1>과 같이 통계처리 결과에 의하여 귀무 가설을 기각한다(P<.05).

실험 결과 LW 기술을 이용한 3본 고정성 보철물의 변연

적합도가 RP 기술을 이용하여 제작된 3본 고정성 보철물의 변연 적합도에 비하여 모든 부분에서 우수하였으며, 두 집단의 변연 적합도의 평균치 간에는 통계적으로 유의한 차이를 보였다. 그러나 RP 기술을 이용하여 제작된 보철물의 변연 적합도의 평균(표준편차)이 소구치에서는 92.8(16.7) μm , 대구치는 98.9(19.0) μm 으로 임상적 허용 수치를 벗어나진 않았다. 현재 변연 적합도의 임상적으로 허용 가능한 수치에 관해 100 μm 이 적절하다는 의견이 많다(Sulaiman et al, 1997; Fonseca et al, 2003; Shokry et al, 2010). 그 밖에 120 μm 까지는 허용이 가능하다고 주장하는 의견도 있다(McLean and von Fraunhofer, 1971).

적합도를 측정하는 방식은 여러 가지가 있는데 본 실험에서 채택한 방법은 실리콘을 이용한 복제방법이다. 이 방법의 장점으로 보철물과 연구 모형의 보존이 가능하다는 점이다(Harri and Wickens 1994). 지대치와 해당 보철물 내면의 공간을 silicone을 이용하여 복제한 뒤 그 실리콘을 이용하여 변연 적합도 및 내면 적합도를 평가하는 이 방법은 구강 내에서 측정할 경우와 구강 외에서 측정할 많은 연구에 사용되었다(Wettstein et al, 2008; Coli and Karlsson 2004).

현재 많은 수의 치과용 캐드캠이 개발되고 시판되어 있다. 캐드캠의 구성요소는 크게 세 부분으로 나뉘는데 모

형의 스캐닝을 통하여 데이터를 수집하는 단계와 수집된 데이터를 디지털화하여 프로그램 상에서 디자인하는 단계와 디자인이 완료된 데이터를 이용하여 가공하는 단계가 있다. 치과용 캐드캠은 앞으로 더욱 발전이 되고, 새로운 시스템들이 개발될 것이다.

그 중에서도 가장 많은 발전 가능성이 있는 부분은 가공 단계이다. 대 부분의 캐드캠 장비의 가공 방식은 computer numerically controlled(이하 CNC) 방식을 채택하고 있다. CNC 가공 방식은 대 부분 해당 재료의 블록을 삭제하여 결과물을 완성하는 방식으로, 재료의 낭비가 상당히 심한 것이 최대 단점이다. 그러나 RP방식을 채택한 가공 방식은 디자인이 완료된 데이터를 토대로 필요한 부분만 선택적으로 조사하여 적층하는 방식의 가공 방식을 적용함으로써, 재료의 낭비가 없다는 점과 합몰부의 재현 능력이 CNC 가공 방식에 비교하였을 때 뛰어나다는 점이 가장 큰 장점으로 앞으로 RP 가공방식이 더욱 개선이 되고, 치과용 캐드캠에 적용된다면, 치과용 캐드캠을 이용한 보철물의 완성도가 높아질 것이다.

추후에도 RP 가공방식을 이용하여 제작된 보철물의 임상적 적용 여부를 판단하기 위한 연구가 지속적으로 이루어져야 할 것이다. 본 연구에서 시행된 변연 적합도와 관련된 연구를 보강할 필요가 있다. 시편 수가 10개에 불과했기 때문에 추후의 연구에서는 보다 많은 시편 수를 가지고 실험이 되어야 할 것이다. 또한 3분 고정성 보철물 보다 연장된 보철물의 변연 적합도에 관련한 연구 등이 필요할 것으로 사료된다.

V. 결 론

시편 수와 증례가 다양하지 못하였다는 것과 구강 외에서 평가하였다는 한계점을 갖고 수행된 본 연구에서는 동일 모형을 기준으로 전통적인 고정성 보철물 제작 방식인 LW 방식과 RP 방식으로 제작된 3분 고정성 보철물의 변연 적합도를 측정하여 비교, 평가하였다. 그 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. <Table 1>과 <Fig. 6>에서와 같이 변연 적합도가 측

정된 모든 결과 값에서 LW방식으로 제작된 3분 고정성 보철물의 변연 적합도가 더 우수하였다.

2. RP기술과 LW기술로 제작된 3분 고정성 보철물의 변연 적합도의 유의성 검증을 위하여 실시된 독립표본 t 검정의 결과에서는 두 집단간의 변연 적합도 값이 통계적으로 유의한 차이를 보였다($P < .05$).

3. RP 방식을 이용하여 제작된 3분 고정성 보철물의 변연 적합도가 현재 많은 연구자들이 주장하는 임상적 허용 수치인 $100\mu\text{m}$ 를 벗어나지 않았기 때문에 임상적으로 사용이 가능할 것으로 보인다.

분명한 것은 새로운 가공 방식인 RP 가공 방식은 지금 보다 더욱 편리한 보철물의 제작 방식이며, 현재 사용하고 있는 CNC방식의 캐드캠 장비보다는 재료의 절삭도 우수하다. 추후에 많은 개선과 수정이 이루어 진다면 현재 LW 방식 만큼의 완성도를 보이는 보철물을 제작할 수 있을 것으로 사료된다.

참 고 문 헌

- Al Wazzan KA, Al-Nazzawi AA. Marginal and internal adaptation of commercially pure titanium and titanium-aluminium-vanadium alloy cast restorations. *J Contemp Dent Pract* 2007; 8: 19-26.
- Anusavice KJ. *Phillips' science of dental materials*. 11th ed. Philadelphia: W.B. Saunders, 565, 584-585, 2003.
- Coli P, Karlsson S. Fit of a new pressure-sintered zirconium dioxide coping. *Int J Prosthodont*, 17, 59-64, 2004.
- Fonseca JC, Henriques GE, Sobrinho LC, de Goes MF. Stress-relieving and porcelain firing cycle influence on marginal fit of commercially pure titanium and titanium aluminumvanadium copings. 19, 686-691, 2003.

- Harris IR, Wickens JL. A comparison of the fit of sparkeroled titanium copings and cast gold alloy copings. *Int J Prosthodont*, 7, 348-355, 1994.
- Heymann HO, Bayne SC, Sturdevant JR, Wilder AD Jr, Roberson TM. The clinical performance of CAD-CAM-generated ceramic inlays: a four-year study. *J Am Dent Assoc*, 127, 1171-1181, 1996.
- Jemt T, Back T, Petersson A. Precision of CNC-milled titanium frameworks for implant treatment in the edentulous jaw. *Int J Prosthodont*, 12, 209-215, 1999.
- Jesus Suarez M, Lozano JF, Paz Salado M, Martinez F. Marginal fit of titanium metal-ceramic crowns. *Int J Prosthodont*, 18, 390-391, 2005.
- McLean JM, von Fraunhofer JA. The estimation of cement film thickness by an in vivo technique. *Br Dent J*, 131, 107-111, 1971.
- Pallesen U, van Dijken JW. An 8-year evaluation of sintered ceramic and glass ceramic inlays processed by the Cerec CAD/CAM system. *Eur J Oral Sci*, 108, 239-246, 2000.
- Rekow D. Computer-aided design and manufacturing in dentistry: a review of the state of the art. *J Prosthet Dent*, 58, 512-6, 1987.
- Rosenstiel SF, Land MF, Fujimoto J. Contemporary fixed prosthodontics, 4th ed. St. Louis: Mosby, 409, 599, 606-608, 2006.
- Shokry TE, Attia M, Mosledh I, Elhosary M, Hamza T, Shen C. Effect of metal selection and porcelain firing on the marginal accuracy of titanium-based metal ceramic restorations. *J Prosthet Dent*, 103, 45-53, 2010.
- Sulaiman F, Chai J, Jamelson L, Wozniak W. A comparison of the marginal fit of In-ceram, IPS Empress, and Procera crowns. *Int J Prosthodont*, 10, 478-484, 1997.
- Wettstein F, Sailer I, Roos M, Hammerle CHF. Clinical study of the internal gaps of zirconia and metal frameworks for fixed partial dentures. *Eur J Oral Sci*, 116, 272-279, 2008.
- Witkowski S, Komine F, Gerds T. Marginal accuracy of titanium copings fabricated by casting and CAD/CAM techniques. *J Prosthet Dent*, 96, 47-52, 2006.