

디지털 방식을 이용하여 제작한 전부 지르코니아 수복물의 변연 적합도 평가

¹⁾부산대학교 치의학전문대학원 치과보철학교실, ²⁾부산대학교병원 치과진료센터,
³⁾인제대학교 해운대백병원 치과보철과

윤미정¹⁾, 김소연²⁾, 강은숙³⁾

ABSTRACT

Evaluation of marginal fit of monolithic zirconia restoration by digital impression

¹⁾Associate professor, Department of Prosthodontics, College of Dentistry, Pusan National University

²⁾Dental Clinic Center, Pusan National University Hospital

³⁾Department of Prosthodontics, In-Je University Haeundae Paik Hospital

Mi-Jung Yun, DDS,MSD,PhD¹⁾, So-Yeun Kim, DDS,MSD,PhD²⁾, Eun-Sook Kang, DDS,MSD,PhD³⁾

Purpose : The purpose of this study was to compare the marginal fit of monolithic zirconia restorations fabricated from the conventional and the digital impression technique.

Materials and methods : Ten patients were restored with monolithic zirconia restorations fabricated from the digital and the conventional impression technique. Before definitive insertion, silicone replicas were produced from all twenty crowns. The silicone replicas were cut in three sections; each section was evaluated at two points. The measurement was carried out by using a measuring microscope (Olympus BX 51) and I-Solution. Data from the silicone replica scores were analyzed by Shapiro-Wilk test for normal distribution and the t-test for equality of two population's mean. All tests were performed with α -level of 0.05.

Results : The average marginal gaps of monolithic zirconia restorations were $133.81 \pm 36.46 \mu\text{m}$ for the conventional impression technique, $90.07 \pm 9.47 \mu\text{m}$ for the digital impression technique. No statistical differences were found between the two impression techniques

Conclusion : Both prostheses presented clinically acceptable results with comparing the marginal fit.

Key words : digital impression, marginal fit, monolithic zirconia

Corresponding Author

Mi-Jung Yun

Department of Prosthodontics, College of dentistry, Pusan National University, Beom-eo li, Mul-geum eup, Yongsan si, 626-770, Korea

Tel : +82-055-360-5130, Fax : +82-055-360-5134, E-mail : p-venus79@hanmail.net

이 논문은 부산대학교 기본연구지원사업(2년)에 의하여 연구되었음.

I. 서론

Land에 의해 처음 소개된 전부 도재 수복물은 끊임 없는 세라믹 재료 연구를 통해 계속 발전되어 왔다. 그 중 최근에 가장 관심을 받고 있는 재료는 지르코니아이다. 지르코니아는 심미적이고, 생체적합성이 우수하고, 산과 알칼리에 대한 부식 저항성도 뛰어나며, 전기적 절연성과 낮은 열전도율을 가지고 있다¹⁾. 또한, 강도, 파절인성, 내마모성과 같은 기계적 물성이 높아 구치부의 전부 도재 수복물로 사용될 수 있다²⁾. 심미성을 높이기 위해 지르코니아 코핑 위에 장식형 도재를 축성하였으나 축성된 장식형 도재가 박리되거나 깨져나가는 현상이 보고되어³⁾, 단일관 전체를 지르코니아로 제작하는 전부 지르코니아 수복물이 사용되고 있다⁴⁾.

전부 지르코니아 수복물을 제작하기 위해서는 구강 내 지대치의 형태 정보를 디지털로 변환하는 작업이 필요하다. 초기에는 인상재로 인상을 채득하고, 석고를 부어 모형을 만든 후, 기공실용 디지털 스캐너를 통하여 지대치의 형태 정보를 디지털로 변화시켰다⁵⁾. 최근에는 기술의 발달로 인하여 구강스캐너가 소개되었고, 수복 치료의 작업흐름을 단축시킬 수 있게 되었다.

디지털 방식의 인상 기법은 구내 스캐너로 치아를 스캔하고 모니터 상으로 구현되는 가상 모형(imaginary model)을 보며 수정 및 교합 검토 작업을 마친 후, 데이터를 전송하여 CAM(computer aided manufacturing)으로 작업 모형을 제작한다. 이러한 디지털 방식의 인상 기법은 인상재로 인한 불편감이 줄어들고, 모니터로 지대치를 형성한 것을 볼 수 있기 때문에 환자 교육용으로 좋으며, 치아 형태를 평가하여 삭제량이 적당한지 바로 확인할 수 있다. 또한, 교차 감염의 가능성을 감소시킬 수 있고, 기공실에서 변형되지 않은 정확한 데이터를 받아볼 수 있으며, 그 데이터를 영구적으로 보관할 수 있다⁶⁾.

취리히 대학의 Mormann이 개발하여 발전되어 온 CEREC(Sirona Dental Co. GmbH, Bensheim,

Germany)은 구내 스캐너의 효시라고 할 수 있다⁷⁾. 그러나 수복물 제작 시 전용 프로그램을 사용해야 하고 구내 스캐너 외에도 밀링 기계를 함께 구비해야 하는 등의 이유로 구내 스캐너를 사용한 디지털 방식의 인상 기법은 보편화되기 어려웠다. 이에 대부분의 임상가들은 재래적 방식의 인상 기법으로 인상을 채득하여 수복물을 제작해 왔다. 하지만 데이터를 다양한 외부 프로그램에서도 가공할 수 있도록 열린 시스템(open architecture)을 제공하는 구내 스캐너가 임상에 소개되면서부터 구내 스캐너가 재조명 받게 되었다⁸⁾.

제작된 수복물의 성공 여부를 결정짓는 중요한 요소 중의 하나는 변연 적합도이다⁹⁾. 변연 적합도가 좋지 않으면, 치태를 축적시키는 원인이 되고, 치주염이나 치아 우식증을 일으키게 되어, 수복물이 실패하는 원인이 된다⁹⁻¹²⁾. 귀금속 주조금관의 경우, 만족할 만한 변연 적합도를 얻기 위해서 필요한 이론적 변연 간극은 20~50 μm 이지만¹³⁻¹⁶⁾, 임상적으로는 수복물의 수명을 고려할 때 100~200 μm 정도는 수용할 만한 범위에 있다고 보고되고 있다¹⁷⁻¹⁹⁾.

이에 본 연구에서는 전부 지르코니아 수복물을 이용하여 자연치 수복치료를 하는 환자를 대상으로 TRIOS(3shape, Copenhagen, Denmark)를 사용한 디지털 방식의 인상 기법과 부가 중합형 실리콘 인상재를 사용한 재래적 방식의 인상 기법을 이용하여 제작한 전부 지르코니아 수복물의 변연 적합도를 비교 평가하여 디지털 방식의 인상 기법의 임상적 유효성에 대해 검토해보고자 하였다.

II. 대상 및 방법

1. 환자 지대치 삭제

본 연구는 부산대학교 치과병원 임상시험 심사위원회의 심사를 통과하였다(application no. N-

2012-001-IIT). 모든 시술은 한 명의 치과 보철과 전문의에 의해 시행되었다. 부산대학교 치과병원 치과보철과에 내원한 환자 중 전부 지르코니아 수복물을 제작하고자 하는 환자 10명을 대상으로 하였다. 환자 영향을 최소화하기 위하여 한 개의 단일 수복물 제작을 요하는 환자에 한하여 실험을 시행하였다. 전부 지르코니아 수복물 제작을 위해 지대치를 삭제하였다. 치아 삭제 후 polymethyl methacrylate resin (Tokuso curefast; Tokuyama Dental Co., Tokyo, Japan)을 이용하여 임시 수복물을 제작하고 임시 시멘트(Tempbond; Kerr, Romulus, USA)로 합착하였다. 인상 채득은 치아 삭제 일주일 후 시행하였다.

2. 인상 채득

2.1. 재래적 방식의 인상 채득과 석고 모형 제작

재래적 방식의 인상 채득을 위해 개인 트레이를 제작하였다. 인상 채득 전 지대치 부위의 연조직 처치를 위해 이중 치은 압박사 술식을 사용하였다(Fig. 1, A). 압박사(Ultrapak #000 & #0; Ultradent

Prod. Inc., South Jordan, USA)는 염화알루미늄 (Hemodent; Premier Dental Prod., Norristown, USA)에 적셔서 사용하였다. 부가 중합형 실리콘 인상재를 이용하여 인상을 채득하고 석고 모형을 제작하였다(Fig. 1, B). 대합치는 기성 금속 트레이(Frontier metal tray, Frontier Dental Industrial Co., Seoul, Korea)와 알지네이트 (Tokuyama AP-1, Tokuyama Dental Corp. Tokyo, Japan)를 이용하여 인상 채득하고, 경석고를 사용하여 석고 모형을 제작하였다. 부가 중합형 실리콘 교합 인기재(Futar D; Kettenbach GmbH, Eschenburg, Germany)를 이용하여 교합을 채득하고 석고 모형을 반조절성 교합기 (Hanau Modular Model 190-291111; Waterpik, Buffalo, USA)에 위치시켰다.

2.2. 디지털 방식의 인상 채득

인상 채득 전 지대치 부위의 연조직을 처치하였다. TRIOS (3shape, Copenhagen, Denmark) 구강 스캐너를 이용하여 제조회사의 권장대로 스캔을 하여 디지털 인상을 채득하였다(Fig. 2).

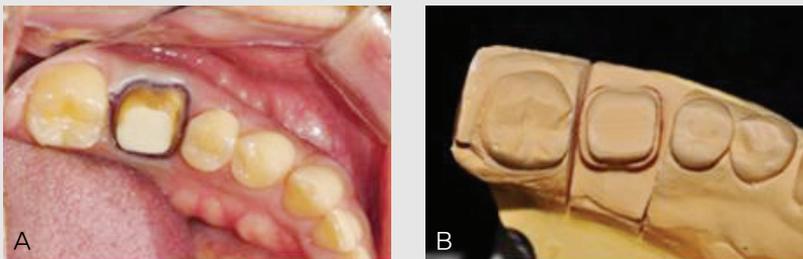


Fig. 1. Conventional impression technique: A, intra-oral view after gingivocord packing; B, gypsum model fabrication.

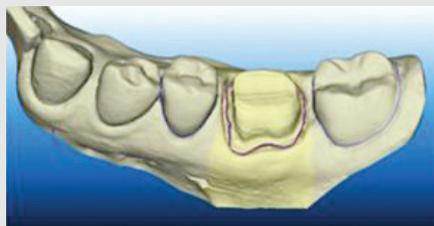


Fig. 2. Intra-oral data file using the digital impression technique

3. 전부 지르코니아 수복물 제작

재래적 방식의 인상 채득을 통해 제작된 석고 모형을 TRIOS(3shape, Copenhagen, Denmark) 스캐너를 이용하여 스캔하여 구강 내 지대치의 형태 정보를 디지털로 변환시켰다. 스캔된 구강 데이터를 CAD 소프트웨어(Dental System, 3shape)에서 불러들여 수복물 형태를 디자인하였다. 완성된 디자인을 바탕으로 4축 밀링머신(Cameleon 4 Axis, Dentaim, Seoul, Korea)을 이용하여 지르코니아 블록(Z-match Block, Dentaim, Seoul, Korea)을 밀링하였으며, 최종 열처리하여 완성하였다(Fig. 3). 이 과정은 동일한 치과 기공사에 의해 이루어졌다.

4. 적합도 평가

재래적 방식의 인상 기법을 이용하여 제작한 전부 지르코니아 수복물을 재래군으로, 디지털 방식의 인상 기법을 이용하여 제작한 전부 지르코니아 수복물을 디지털군으로 분류하였다.

환자 구강 내에서 제작된 전부 지르코니아 수복물의

인접면 접촉을 조절하여 치아에 완전히 장착된 것을 확인한 후 전부 지르코니아 수복물 내면에 light body 부가 중합형 실리콘(Aquasil Ultra XLV; Dentsply-Caulk, Milford, USA)을 채운 상태에서 치아에 위치시켰다. 임상적인 수복물 합착 과정을 재현하기 위해 최대지압을 가하였다. 실리콘이 경화 되면 주조금관을 치아로부터 제거하였다. 얇은 silicone film을 안정화시키기 위해 regular body 부가 중합형 실리콘(Aquasil Ultra LV; Dentsply-Caulk, Milford, USA)을 내면에 주입하여 경화시켰다. 채득된 silicone replica를 협설 정중앙, 근원심 3등분 위치에서 날카로운 면도날을 이용하여 절단한 후, 측정점을 정하고 치아와 수복물 사이의 간극을 측정하였다(Fig. 4). 변연 적합도는 수복물 변연과 지대치 변연 사이의 거리인 절대 변연 오차(absolute marginal discrepancy)를 측정하여 평가하였다. 측정용 현미경(Olympus BX 51; Olympus, Tokyo, Japan)을 이용해 100배 확대하여 현미경에 부착된 디지털 카메라(Polaroid DMC2 digital microscope camera; Polaroid Co., Cambridge, USA)로 촬영하고 I Solution(IMT



Fig. 3. Two monolithic zirconia restorations fabricated from the conventional and digital impression technique.

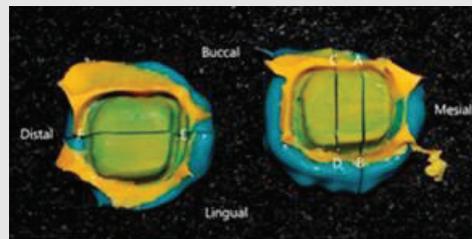


Fig. 4. Measuring points to measure the thickness of cutted silicone replicas of all zirconia restoration: Left, mesio-distal direction; Right, bucco-lingual direction.

i-Solution ver 10.1; IMT i-Solution Inc., Dajeon, Korea)을 이용하여 간극을 측정하였다 (Fig. 5). 각 부위는 잘 훈련된 한 명의 실험자에 의해 각각 3번씩 반복 측정하여 평균값을 기록하였다.

5. 통계 처리

전부 지르코니아 수복물과 치면 사이의 절대 변연 오차의 평균과 표준 편차를 계산하였다. 인상 기법에 따른 차이를 검정하기 위하여 Shapiro-Wilk 검정을 이용하여 정규성을 검정하고, SPSS 18.0Kfmf 이용하여 대응표본 T-검정으로 검정하였다. 모든 통계 처리는 95% 신뢰도로 검정하였다.

Ⅲ. 결과

디지털군과 재래군의 평균과 표준 편차는 Table 1

과 같다. 모든 측정점에서의 간극 평균값을 평균 간극이라 하였다. 디지털군과 재래군의 평균 간극은 Table 2과 같다. 평균 간극은 임상적으로 받아들일 수 있는 범위 내에 있었고, 재래군의 평균 간극이 컸으나 유의성은 없었다($p>.05$). 통계적 분석 결과 측정점별 분석에서도 두 인상 기법에 따른 유의한 차이를 관찰할 수 없었다($p>.05$) (Table 1).

Ⅳ. 토의

수복물은 기능과 심미성의 조화를 이루기 위해서 변연 적합성, 구조적 견고성, 구강 내 안정성 등의 요건을 갖추어야 하며 그 중에서도 변연 적합도는 수복물의 장기적인 성공 여부를 결정하는 중요한 항목이다⁹⁾. 수복물의 변연 적합도가 나쁠수록 치태와 음식물의 침착을 증가시키고, 치은 조직의 염증과 치아 우식증을 유발시켜 수복물의 수명이 감소될 수 있다⁹⁻¹²⁾. 따라서

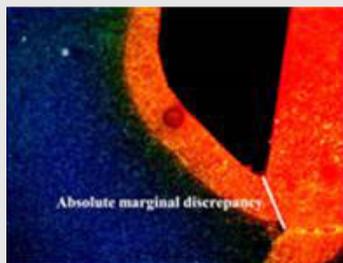


Fig. 5. Captured figures after sectioning with mesial bucco-lingual direction using digital microscope camera. (Magnification of x 100)

Table 1. Means and standard deviation(SD) of gap width at each measuring point(μm)

Point	Conventional		Digital		p-value	
	Mean	SD	Mean	SD		
MB→ML	A	103.90	30.81	50.38	5.83	0.105
	B	229.53	77.67	180.66	21.51	0.341
DB→DL	C	85.01	50.22	64.33	16.36	0.438
	D	247.49	78.52	163.72	35.39	0.095
M→D	E	51.60	1.62	34.51	4.35	0.069
	F	85.37	11.41	46.79	7.62	0.058

Table 2. Means and standard deviation(SD) of average gap width(μm)

Group	Mean	SD	95% confidence interval for means		Mini-mum	Maxi-mum	p-value
			Lower bound	Upper bound			
Conventional	133.81	36.46	-23.48	110.97	106.22	175.15	0.107
Digital	90.07	9.47			82.10	100.53	

수복물의 임상적 적용을 위해서는 변연 적합도에 대한 평가가 선행되어야 한다.

변연 적합도를 측정하는 실험적 방법으로는 직접 측정하는 방법, 절단하여 측정하는 방법, 인상 채득을 통해 평가하는 방법, 탐침을 통해 평가하는 방법, 시뮬레이션에 의한 방법이 있다²⁰. 현미경으로 직접 보는 방법은 반복 측정이 가능하고 측정 부위를 늘릴 수 있는 장점이 있으나, 정확한 측정이 어렵다는 단점이 있다²⁰. 인상과 탐침으로 관찰하는 방법은 정확도가 낮다^{21, 22}. Moon 등²¹은 절단하여 보는 것이 가장 정확한 방법이라 하였으나, 측정 부위를 늘리는 것이 어렵고 측정 부위를 늘리려면 그만큼 정밀한 시편을 더욱 많이 제작해야 한다는 단점이 있다. Leong 등²²은 금속으로 제작된 경우에 절단하는 것 자체가 변연을 변형시킬 가능성이 있다고 하였다. 레플리카 테크닉은 Molin과 Karlsson²³이 수복물의 적합도 비교 연구에서 사용한 실험 방법이다. 이 방법은 수복물을 절단할 필요가 없기 때문에 간단하고, 수복물 절단 시 생기는 변연의 변형을 막을 수 있으며, 측정 부위의 수를 손쉽게 늘릴 수 있고 반복적인 측정도 가능하다는 장점이 있다²³. 특히 임상 실험에서 정확하게 변연 및 내면 적합도를 측정할 수 있고 윤리적으로 적합하여, 환자를 대상으로 하는 적합도 연구에서 적절한 실험 방법이다²⁴. 과거에는 레플리카 테크닉이 정확도가 낮을 수 있다고 하였으나 최근에는 부가 중합형 실리콘과 같이 정밀도가 향상된 재료들을 이용하므로 수복물의 정밀도 측정에 긍정적으로 사용되고 있다. Rahme 등²⁵은 수복물을 절단해서 관찰하는 전통적인 방법과

레플리카 테크닉 간에는 정밀도에서 유의한 차이가 없다고 보고하였다. 따라서 본 연구에서는 수복물의 적합도를 레플리카 테크닉을 이용하여 측정하였다.

수복물의 적합도에 관한 측정 기준에 대해서는 여러 연구에서 정의된 바가 각기 다르지만, Holmes 등²⁶은 지대치의 측면에서부터 수복물의 내면까지의 수직 거리를 내부 간극(internal gap)이라 하고, 특히 변연부에서의 이 거리를 변연 간극(marginal gap)이라고 정의 하였다. 또한 지대치 변연과 수복물 변연 사이의 거리인 절대 변연 오차(absolute marginal discrepancy)는 변연에서 생기는 오차 중 최대값을 보이는 부분이므로 임상적으로 유용한 기준이 될 수 있다고 하였다. 따라서 본 연구에서는 절대 변연 오차를 측정하여 평가하였다.

이러한 실험 방법으로 측정된 결과치가 임상적으로 허용 가능한 범위에 속하는지에 대한 기준에 대해 판단해 보아야 할 것이다. 임상적으로 허용 가능한 변연 간극의 범위에 대한 여러 연구가 보고되고 있다. ADA(American Dental Association)¹³에서는 ADA specification #8을 통해서 이 범위를 25~40 μm 라 정하였다. Sorensen 등¹⁴은 변연 오차로 인해 발생하는 골소실 등을 억제하기 위해서는 변연 간극이 50 μm 이하 이어야 한다고 하였고, Christensen¹⁵은 적절한 변연 간극을 40 μm , Ostlund¹⁶은 50 μm 를 넘지 말아야 한다고 하였다. 그러나 Moon 등²¹은 이러한 적합도는 실험상에서 판단하는 기준 수치일 뿐, 이 변연 간격이 임상적으로 허용 가능한가에 대한 판단의 기준으로 삼기에는 부적당하

다고 하였다. McLaen과 von Fraunhofer¹⁷⁾는 5년 이상 구강 내에 있었던 1000개의 수복물을 조사하여 100 μ m 정도의 변연 불일치는 임상적으로 거의 문제를 일으키지 않고, 임상적으로 허용할 수 있는 최대 변연 간극은 160 μ m라고 하였다. Gulker¹⁸⁾는 200 μ m까지도 임상적으로 받아들여질 만하다고 보고하였다. Kydd 등¹⁹⁾은 치주 질환으로 발치된 치아에 대한 변연 누출 연구에서 74 μ m의 합착재 두께, 432 μ m의 미세 누출 지수, 244 μ m의 변연 간극을 지닌 경우에도 수복물이 20년 이상 사용되었다고 보고하였다. 따라서 변연에서의 적합도는 최대 200 μ m, 100~200 μ m 정도의 변연 간극을 보이는 경우 임상적으로 허용할 수 있다고 여겨진다. 본 연구에서 측정된 전부 지르코니아 수복물의 평균 간극과 변연 간극은 모든 군에서 임상적으로 허용 가능한 범위 내에 있었다.

본 연구에서 측정된 간극이 다른 연구에 비해 측정치가 다소 높게 나왔다. 이는 레플리카 테크닉을 이용한 간극 측정 시 지압으로 수복물을 치아에 안착시켰기 때문이라고 생각된다. 합착압은 변연 적합도에 영향을 미치는 중요한 요소이다²⁷⁾. 모형 실험에서는 만능시험기 등과 같은 힘을 일률적으로 가할 수 있는 장치를 사용하고, 다른 임상 연구에서는 수복물에 50N의 힘을 일률적으로 가할 수 있는 장치를 사용하기도 하였다²⁸⁾. 지압으로는 이러한 힘을 나타낼 수 없기 때문에 이전의 연구들에 비해 간극이 크게 나온 것으로

생각된다. 변연 간극이 임상적으로 받아들일 수 있는 범위 내에 있었지만 다른 연구에 비해 간극이 크게 측정된 것으로 미루어 보아 합착압 부족으로 인하여 치아에 수복물이 완전히 장착되지 않아 수치가 크게 측정된 것으로 생각된다.

본 연구에서는 디지털 방식과 재래적 방식의 인상 기법을 이용하여 완전 지르코니아 수복물의 변연 적합도를 비교해 보고자 하였다. 레플리카 테크닉을 이용해 변연 적합도를 비교한 결과 두 인상 기법을 이용하여 제작한 완전 지르코니아 수복물은 모두 임상적으로 허용할 만한 적합도를 보였다. 그러나 Kunii 등²⁹⁾은 수복물의 부정확한 적합도에 대한 효과는 수복물이 클수록 더 크다고 보고하였다. 따라서 수복물의 길이, 무치악인 부분의 존재와 길이, 또 제작되는 수복물의 재료와 형태에 따른 연구가 더 필요할 것으로 사료된다.

V. 결론

본 연구에서는 디지털 방식과 재래적 방식의 인상 기법을 이용하여 제작한 완전 지르코니아 수복물의 변연 적합도를 환자를 대상으로 비교한 결과 두 군의 평균 변연 간극은 임상적으로 받아들일 수 있는 범위 내에 있었고, 디지털군에 비해 재래군의 평균 간극이 컸으나 유의성은 없었다.

참고 문헌

1. Piconi C, Maccauro G. Zirconia as a ceramic biomaterial. *Biomeaterials* 1999;20:1-25
2. Koutayas SO, Vagkopoulou T, Pelekanos S, Koidis P, Strub JR. Zirconia in dentistry: part 2. Evidence-based clinical break-through. *Eur J Esthet Dent* 2009;4:348-80
3. Rinke S, Gersdorff N, Lange K, Roediger M. Prospective evaluation of zirconia posterior fixed partial dentures: 7-year clinical results. *Int J Prosthodont* 2013;26:164-71
4. Albashaireh ZS, Ghazal M, Kern M. Two-body wear of different ceramic materials opposed to zirconia ceramic. *J Prosthet Dent* 2010;104:105-13
5. Filser F, Kocher P, Weibel F, LÜthy H, Scharer 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
6. Christensen GJ. Impressions are changing: deciding on conventional, digital or digital plus in-office milling. *J Am Dent Assoc* 2009;140:1301-4
7. Mormann WH. The evolution of the CEREC system. *J Am Dent Assoc* 2006;137(Suppl):7S-13S
8. Henkel GL. A comparison of fixed prostheses generated from conventional vs digitally scanned dental impressions. *Compend Contin Educ Dent* 2007;28:422-4, 426-8, 430-1
9. Schwartz IS. A review of methods and techniques to improve the fit of cast restorations. *J Prosthet Dent* 1986;56:279-83
10. 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
11. Schwartz NL, Whitsett LD, Berry TG, Stewart JL. Unserviceable crowns and fixed partial dentures: life-span and causes for loss of serviceability. *J Am Dent Assoc* 1970;81:1395-401
12. Karlsson S. A clinical evaluation of fixed bridges, 10 years following insertion. *J Oral Rehabil* 1986;13:423-32
13. Reports of councils and bureaus: Revised american national standards institute/american dental association specification No. 8 for zinc phosphate cement. *J Am Dent Assoc* 1978;96:121-3
14. Sorensen SE, Larsen IB, Jorgensen KD. Gingival and alveolar bone reaction to marginal fit of subgingival crown margins. *Scand J Dent Res* 1986;94:109-14
15. Christensen GJ. Marginal fit of gold inlay castings. *J Prosthet Dent* 1966;16:297-305
16. Ostlund LE. Cavity design and mathematics: their effect on gaps at the margins of cast restorations. *Oper Dent* 1985;10:122-37
17. McLean JW. Polycarboxylate cements: five years' experience in general practice. *Br Dent J* 1972;132:9-15
18. Gulker I. Margins. *N Y State Dent J* 1985;51:213-5, 217
19. Kydd WL, Nicholls JL, Harrington G, Freeman M. Marginal leakage of cast gold crowns luted with zinc phosphate cement: an in vivo study. *J Prosthet Dent* 1996;75:9-13
20. Sorensen JA. A standardized method for determination of crown margin fidelity. *J Prosthet Dent* 1990;64:18-24
21. Moon BH, Yang JH, Lee SH, Chung HY. A study on the marginal fit of all-ceramic crown using CCD camera. *J Korean Acad Prosthodont* 1998;36:273-92
22. Leong D, Chai J, Lautenschlager E, Gilbert J. Marginal fit of machine-milled titanium and cast titanium single crowns. *Int J Prosthodont* 1994;7:440-7
23. Molin M, Karlsson S. The fit of gold inlays and three ceramic inlay systems: A clinical and in vitro study. *Acta Odontol Scand* 1993;51:201-6
24. Laurent M, Scheer P, Dejou J, Laborde G. Clinical evaluation of the marginal fit of cast crowns-validation of the silicone replica method. *J Oral Rehabil* 2008;35:116-22
25. Rahme HY, Tehini GE, Adib SM, Ardo AS, Rifai KT.

• 참고 문헌 •

- In vitro evaluation of the "replica technique" in the measurement of the fit of Procera crowns. *J Contemp Dent Pract* 2008;9:25-32
26. Holmes JR, Bayne SC, Holland GA, Sulik WD. Considerations in measurement of marginal fit. *J Prosthet Dent* 1989;62:405-8
27. White SN, Yu Z, Kipnis V. Effect of seating force on film thickness of new adhesive luting agents. *J Prosthet Dent* 1992;68:476-81
28. 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
29. 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