

복합레진으로 제작한 인레이 보철물 구조에 따른 교합면 부위의 2차원 변연 적합도 및 내면 부위의 3차원 정확성 분석

김동연, 이태희*, 박동인*, 박진영, 정일도, 이하나*, 김지환*, 김웅철*
고려대학교 보건과학대학 보건과학연구소, 고려대학교 대학원 보건과학과 치의기공전공*

Analysis of the 2-dimensional marginal fit of the occlusal surface and the 3-dimensional accuracy of the inner surface of the occlusal surface according to the inlay prosthesis structure made of composite resin

Dong-Yeon Kim, Tae-Hee Lee*, Dong-In Park*, Jin-Young Park, Il-Do Jeong,
Ha-Na Lee*, Ji-Hwan Kim*, Woong-Chul Kim*

Institute for Health Science, College of Public Health Science, Korea University*
Department of Dental Laboratory Science & Engineering, College of Health Science, Korea University

[Abstract]

Purpose: To evaluate 2D and 3D of occlusal, mesial-occlusal and mesial-occlusal-distal cavity of composite resin inlay.

Methods: Abutment tooth 16, 36 of FDI system was selected for the study. Inlay prostheses classified as occlusal cavity (OC group), mesial-occlusal (MOC) and mesial-occlusal-distal cavity (MODC) were prepared using composite resin. Composite resin was injected with composite resin in prepared tooth cavity and then photopolymerized with UV light. Additional thermal polymerization was performed. Marginal gap of composite resin inlays were measured by digital microscope(x160) with silicone replica technique. The data was analyzed from statistical software for Kruskal-Wallis test ($\alpha=0.05$). 3-dimensional analysis was analyzed through superimposition method.

Results: The smallest 2D marginal fit measure of the three groups was $47.0 \pm 21.6 \mu\text{m}$ in the MOC group. The largest 2D marginal was $69.1 \pm 33.8 \mu\text{m}$ in the MODC group. In the trueness of the three groups, the most accurate figure was $14.4 \pm 2.3 \mu\text{m}$ for the MODC group. In Precision, the most accurate figure was $14.5 \pm 4.3 \mu\text{m}$ for the MODC group.

Conclusion : In this study, 2D marginal fit of OC, MOC, and MODC cavities fabricated with composite resin was applicable to all clinical applications. In the 3D inner surface accuracy evaluation, the MODC group showed the accuracy results.

○ **Key words:** Marginal fit, Accuracy, 3-Dimension, Inlay, Composite resin

* 본 논문은 2017년도 중소기업청 산학협력기술개발(C0530506)의 지원을 받아 수행한 연구과제입니다.

Corresponding author	Name	김 웅 철	Tel.	02-3290-5667	E-mail	kuc2842@korea.ac.kr	
	Address	서울시 성북구 안암로 145 고려대학교 일반대학원 보건과학과 치의기공전공					
Received	2018. 10. 4		Revised	2019. 3. 14		Accepted	2019. 3. 21

I. 서론

치과 보철물은 저작, 발음, 심미 3대 요소를 고려하여 제작하게 된다(Chung et al, 2011). 최근에는 사회 경제가 발전함에 따라서 저작, 발음은 물론이고 심미적인 측면을 요구하는 환자도 증가하는 추세이다(Yeom et al, 2010). 심미 보철물은 대표적으로 금속소부도재관(PFM Crown), 지르코니아, 복합레진 등을 이용하여 손상된 치아를 수복한다(Pjetursson et al, 2015; Ausiello et al, 2017). PFM Crown, 지르코니아, 세라믹은 물성 평가 부분에서 복합레진보다 우수한 성질을 가지고 있으나 제작 과정이 복잡하다는 단점을 가지고 있다. 특히 PFM Crown의 금속 코핑의 제작은 주조과정을 거쳐 제작 후, 상부에는 세라믹 파우더를 사용하여 보철물을 제작한다(Kim et al, 2018). 또한 지르코니아 심미보철물은 고비용의 치과 CAD/CAM 시스템 및 전용의 소결로를 사용하여 보철물을 제작하기 때문에 비용 및 시간적으로 많은 제약이 따른다.

레진 보철물은 간접 수복법의 기본 개념으로 레진을 중합하여 물리적 성질을 향상시켜 보철물로 제작한다(Song et al, 2008). 복합 레진은 기존 세라믹 재료보다 물성 평가 부분에서 낮고, 착색이 잘되는 성질 때문에 임상에서 많은 어려움이 있었다. 이런 이유로 전치부에 주로 사용되고 있었으나 최근에는 연구 개발을 통해서 물성 평가가 진행됨으로써 구치부도 사용이 가능하게 되었다. 복합레진 직접 수복법과 교하여 볼 때 간접 수복법의 장점은 중합수축의 변연 적합성이 우수하고, 해부학적 형태 측면에서 보다 나은 형태를 얻을 수 있다고 보고된바 있다(Christensen, 1995). 또한 제작 공정이 간소화됨으로써 경제적으로 비용이 저렴하다는 장점이 있다. 많은 연구 결과를 통해서 새로 개선된 복합레진 재료가 소개됨으로써 임상적으로 널리 사용 가능하게 되었다.

이러한 복합 레진을 사용하여 레진 인레이, 단순 레진관, 교의치 레진관의 제작이 가능하다(Choi et al, 2002). 그중 가장 많이 사용하는 것은 인레이 보철이다. 인레이 보철물은 치아의 손상된 부위에 따라 와동(cavity)의 Class I - V로 분류되며, 단순(simple) 와

동, 혼합(compound)와동 복잡(complex) 와동으로도 분류한다(정 et al, 2008). 단순 와동은 하나의 표면이 들어가고, 혼합와동은 2개의 표면이 들어가며, 복잡 와동은 3개 이상의 표면을 갖는다(Kim et al, 2006; 정 et al, 2008).

전치부는 순면(Facial), 절단연(Incisal), 근심면(Mesial), 원심면(Distal)에 5개의 면에 우식이 발생되며, 구치부는 협면(Buccal), 설면(Lingual), 교합면(Occlusal), 근심면(Mesial), 원심면(Distal)에 우식이 발생할 수 있다. 교합면부위에서 구강 내 음식물의 저류 현상(food retention)으로 인해 우식 발생 빈도가 높은 것으로 알려져 있다(Lee et al, 2017). 따라서 치아 우식증이 더 진행되기 전에 심미성 및 제작이 간편한 복합레진 인레이 보철물로 치료를 받기도 한다.

이러한 복합레진의 물성 평가는 표면경도, 굴곡강도 등의 연구를 통해서 진행되어 왔다(Kim et al, 2017). 그러나 복합레진으로 제작한 인레이에 따른 2차원 변연 적합도 및 3차원 내면 정확성 분석 방법에 대한 연구가 부족하였다. 2차원 변연 적합도는 임상적으로 적용이 가능한지에 대한 분석이다. 변연 적합도가 우수하지 못할 경우 치태가 침적되어 2차 우식증, 변연 착색 및 치수병변이 발생하여 보철물의 실패로 야기될 수 있다(Cho et al, 1997). 따라서 본 연구에서는 단순와동의 O cavity, 혼합와동의 MO cavity, 복잡와동의 MOD cavity를 정하여 2차원 변연 적합도 및 3차원 내면 정확성을 분석하고자 한다.

II. 연구 방법

1. 주모형 제작

본 실험에서 와동이 형성된 주모형(D85DP-500B.1, Nissin Dental, Japan) 선정은 상악 우측 제 1 대구치 지대치(O cavity), 하악 좌측 제 1 대구치 지대치(MO cavity), 하악 좌측 제 1 대구치 (MOD cavity)를 선정하였다. 선정된 주모형 지대치에서 실리콘(Deguford; degudent GmbH, Hanau-Wolfgang, germany)을

복합레진으로 제작한 인레이 보철물 구조에 따른 교합면 부위의 2차원 변연 적합도 및 내면 부위의 3차원 정확성 분석

사용하여 각각 1개씩 복제하였다. 복제된 실리콘 음형 내에 에폭시 레진(Modralit® 3K, Dreve Dentamid GmbH, Germany)을 주입하여 주모형으로 제작하였다. 혼합 비율은 basis liquid 10 ml, filler 14 g, hardener liquid 5 ml로 혼합하였다.

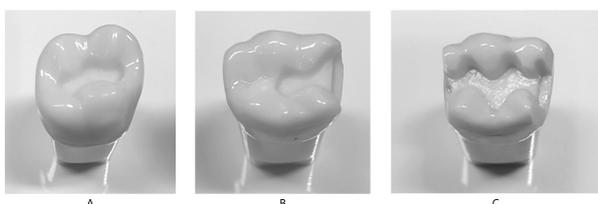


Figure 1. Master die. A. O(Occlusal) cavity; B. MO(Mesial-Occlusal) cavity; C. MOD(Mesial-Occlusal-distal) cavity

2. 연구모형 제작

준비된 에폭시 레진 주모형은 복제용 실리콘 (Deguform; degudent GmbH, Hanau-Wolfgang, Germany)으로 복제하여 각각 1개씩 제작하였다. 준비된 복제용 실리콘에 초경석고(Fujirock EP; GC Europe N.V, Leuven, Belgium)를 부어 각각 20개씩 총 60개의 연구모형을 제작하였다.

3. O, MO, MOD cavity 인레이 제작

준비된 상악 우측 제 1대구치의 O cavity(OC 그룹), 하악 좌측 제 1 대구치 지대치(MO cavity(MOC 그룹), 하악 좌측 제 1 대구치의 MOD cavity(MODC 그룹)를 각각 그룹마다 10개씩 제작 하였다. 제작 방법은 다음과 같다. 지대치 와동에 내부에 복합레진 전용의 레진분리제(SEPARATOR, Yamakin Co., Japan)를 도포 하였다. 그리고 putty 타입의 복합레진(Twiny, Yamakin Co., Japan)을 조각도를 사용하여 각 그룹 와동 내에 반복적으로 주입을 하였다.

주입된 복합레진은 전용의 장비 광중합(LED cure master, Yamakin Co., Japan)을 시행하였다. 광중합 과정은 권장하는 스케줄에 따라 광중합 장비 내부에서 10초 동안 광중합을 시행하였으며, 이어서 60초 동안

건조 과정을 거쳤다. 다시 90초 동안 광중합을 시행하였다. 제조회사의 권장사항에 따라 광중합을 거치고 나서, 추가적으로 열중합 장비를 사용하여 110℃에서 15분 동안 열중합을 행하였다.

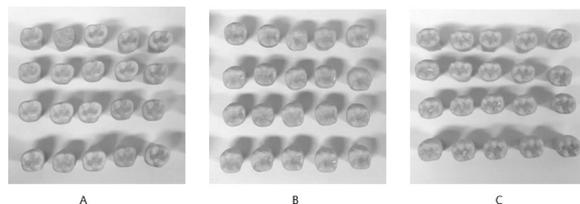


Figure 2. Completed study model and specimen production. A. OC group; B. MOC group; C. MODC group

4. 2차원 적합도 및 3차원 정확성 분석

1) 2차원 변연 적합도 분석

준비된 각각의 에폭시 레진 주모형에 연결 실리콘(Aquasil Ultra XLV; Densply DeTrey GmbH, Konstanz, Germany)을 주입하였다. 주입 후 준비된 세 그룹의 복합레진 인레이 적합을 시행하였다. 이때 압력은 만능시험 장비(OUT-05D, Oriental TM Corp, Gyeonggi-do, Korea)를 사용하여 50 N의 압력으로 가하였다. 연결 실리콘이 경화 되도록 5분 동안 기다린 후 에폭시 레진 주모형과 복합레진 인레이를 분리하였다. 분리된 인레이에 경질 실리콘(Aquasil Ultra Rigid; Densply Detrey GmbH)을 주입하여 연결 실리콘을 지지하였다. 연결실리콘은 교합부위의 내사면 4부위(근심협측내사면, 원심협측내사면, 근심설측 내사면, 원심 설측내사면)를 절단하였다. 절단된 단면은 디지털 현미경 160 배율(KH-7700; Hirox, Tokyo, Japan)로 확대하여 측정하였다.

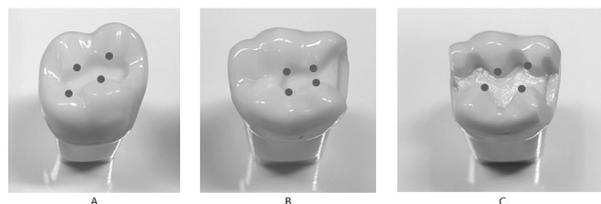


Figure 3. Measurement of each occlusal surface. A. OC group; B. MOC group; C. MODC group

2) 3차원 정확성 분석

2차원 적합도가 시행된 후 동일 시편을 이용하여 3차원 정확도 평가를 추가적으로 실시하였다. 3차원 평가는 ISO 12836에 따라 accuracy(정확성) 평가를 하게 된다. Trueness(진실도)와 precision(정밀도)을 측정하게 된다. Trueness는 참 값(true value or a true value)에서 반복된 측정에서 얻어진 스캔 데이터 값의 사이를 분석을 하는 것이며, Precision는 스캔 데이터 간의 중첩을 통해서 사이 조밀도를 평가를 하는 것이다(Lee et al, 2015; Bae et al, 2017). 세 그룹 인레이 내면에 스캔전용 스프레이(CEREC® powder and CEREC® propellant, Vita Zahnfabrik, Germany)를 도포하여 모형 스캐너(Identica Blue, Medit, seoul, korea)를 사용하여 STL 파일 형식으로 파일을 생성하였다. 생성된 STL 파일은 3차원 소프트웨어(Geomagic Verify, 3D systems Inc., Rock Hill, SC, USA)를 사용하여 교합면 부위의 trueness와 precision를 평가하였다. 특히 OC 그룹은 교합면 편집을 하지 않았으며, MOC, MODC 그룹은 교합면 제외한 근심면 부위의 3차원 데이터를 제거하였다(Fig. 4).

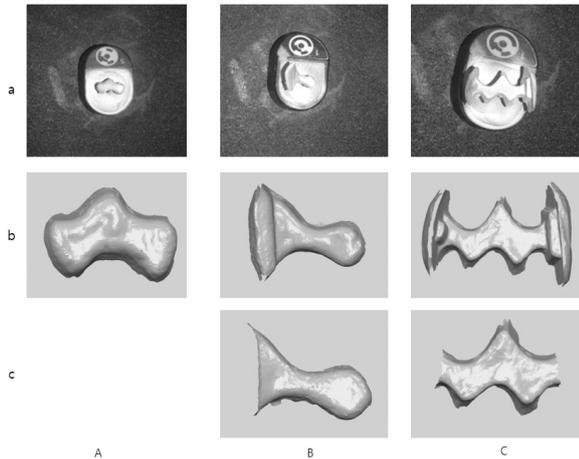


Figure 4. Scanning process for 3D analysis. A. OC group; B. MOC group; C. MODC group; a. Arranged for the inlay inner scan; b. Inlay inner scan; c. Editing for the occlusal surface of the inner scan

MODC 그룹은 근심면과 원심면을 제거하였다. Trueness는 각 그룹의 20개의 3차원 데이터 중 첫 번째를 레퍼런스 데이터로 정하였으며, 2번째부터 20번째

의 스캔(scan) 데이터와 레퍼런스(reference) 데이터를 각각 배치하여 중첩과정(superimposition processing)을 거쳤다(n=19). Precision을 위해서 세 개의 각각의 그룹마다 7개의 시편을 짝을 지어 중첩과정을 거쳤다(n=21).

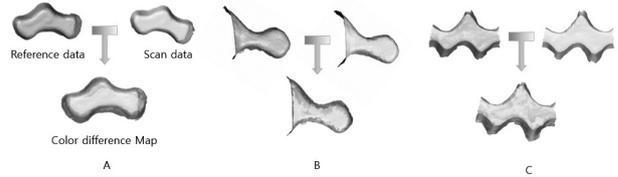


Figure 5. Three-dimensional analysis procedure; A, OC group, B, MOC group, C, MODC group

3) 통계 분석

통계 프로그램(IBM SPSS 22.0, SPSS Inc., Chicago, IL, USA)을 사용하여 2차원 및 3차원 데이터의 정규성검정을 실시하였다. 통계적 유의 수준은 0.05로 설정하였다. 그러나 정규성을 만족하지 못하여 비모수 검정을 실시하였다. 비모수 검정인 Kruskal-Wallis H 검정을 실시하였다($\alpha=0.05$). 사후검정은 Mann-Whitney U와 Bonferroni 보정을하여 실시하였다($P < 0.05/3 = 0.017$).

III. 결과

세 그룹의 2차원 변연 적합도 측정값이 가장 작은 부위는 MOC 그룹의 $47.0 \pm 21.6 \mu\text{m}$ 였으며, 가장 큰 부위는 MODC 그룹의 $69.1 \pm 33.8 \mu\text{m}$ 로 보였다. 세 그룹의 유의한 차이를 보였다($p < 0.05$)(Table 1).

Table 1. Mean, standard deviations, minimum, maximum of 95% confidence interval and significance results of marginal gap for OC, MOC and MODC groups

Group	Mean	SD	95% CI		P-value
			Min	Max	
OC	47.5 ^a	26.1	41.6	53.3	.001
MOC	47.0 ^a	21.6	42.2	51.8	
MODC	69.1 ^b	33.8	61.5	76.6	

(Unit: μm)

복합레진으로 제작한 인레이 보철물 구조에 따른 교합면 부위의 2차원 변연 적합도 및 내면 부위의 3차원 정확성 분석

세 그룹의 trueness에서는 가장 정확한 수치를 나타낸 MODC 그룹의 $14.4 \pm 2.3 \mu\text{m}$ 였으며, 가장 부정확한 수치를 나타낸 MOC 그룹의 $16.5 \pm 2.8 \mu\text{m}$ 로 보였다. 세 그룹의 유의한 차이를 보였다($p < 0.05$)(Table 2).

Table 2. RMS, standard deviations, minimum, maximum of 95% confidence interval and significance results of trueness for OC, MOC and MODC groups

(Unit: μm)

Group	RMS	SD	95% CI		P-value
			Min	Max	
OC	14.5 ^a	4.1	12.5	16.4	.018
MOC	16.5 ^b	2.8	15.1	17.8	
MODC	14.4 ^{ab}	2.3	13.3	15.5	

Precision에서는 가장 정확한 수치를 나타낸 MODC 그룹의 $14.5 \pm 4.3 \mu\text{m}$ 였으며, 가장 부정확한 수치를 나타낸 OC 그룹의 $15.6 \pm 7.7 \mu\text{m}$ 로 보였다. 그러나 세 그룹의 유의한 차이를 보이지 않았다($p > 0.05$)(Table 3).

Table 3. RMS, standard deviations, minimum, maximum of 95% confidence interval and significance results of precision for OC, MOC and MODC groups

(Unit: μm)

Group	RMS mean	SD	95% CI		P-value
			Min	Max	
OC	15.6	7.7	12.2	19.0	.743
MOC	15.3	5.9	12.7	17.9	
MODC	14.5	4.3	12.5	16.4	

IV. 고찰

본 실험에서는 복합레진 인레이의 세 가지 구조에 따라 2차원 변연 적합도를 임상적으로 분석을 실시하였으며, 추가적으로 3차원 분석을 통해서 인레이 교합면의 내면 정확성도 분석을 시행하였다. 2차원 변연 적합도 측정 방법은 대표적으로 직접 절단 방법(Grenade et al, 2011), 실리콘 복제기술을 주로 사용한다(Molin & Karlsson, 1993). 직접 절단법은 지대치와 시편을 직접 절단하기 때문에 시편과 지대치의 손상이 발생되며, 다

양한 부위의 측정에는 한계가 있다. 그러나 실리콘 복제 기술은 연질 실리콘과 경질 실리콘을 사용하기 때문에 지대치와 시편이 손상되지 않으며, 다양한 측정 부위를 반복 측정이 가능하다는 장점을 가지고 있다. 따라서 본 연구에서는 시편과 지대치의 비파괴 방식인 실리콘 복제기술을 사용하여 변연 적합도를 측정하였다.

변연 적합도의 임상적으로 적용이 가능한 수치는 기존 연구에 참고하였을 때 상의한 결과가 나타났다. 기존 CEREC inaly(1997)의 적합도는 $56 \mu\text{m}$ 의 결과 값을 보였다. 그러나 최근에는 $120 \mu\text{m}$ 를 변연 적합도의 기준으로 주로 사용한다(Rippe et al, 2017).

본 연구에서 실리콘 복제기술을 사용한 2차원 변연 적합도 분석을 실시하였으며, 특히 교합면 부위를 측정하였다. 이유는 음식물의 가장 저류현상으로 충치 발생이 빈번하게 일어나는 부위이기 때문이다. 또한 OC 그룹은 교합면 부위만 와동이 존재하며, MOC, MODC 그룹은 근심면과 원심면에 와동이 포함되어 있다. 근심면과 원심면 와동의 데이터 값을 통제하기 위해서 세 그룹 모두 교합면만 측정 하였다.

OC 그룹과 MOC 그룹이 임상적으로 적용이 가능한 적합도를 보였으며, MODC 그룹은 임상적으로 적용이 어려운 적합도를 보였다. 이러한 현상은 다양한 원인이 존재하겠지만 대표적으로 인레이와 지대치에 적합되는 경로(path)가 주로 원인으로 판단된다. MODC 그룹의 인레이는 내면과 와동 내 접촉되는 측벽과 수벽간에 면적이 OC와 MOC 그룹보다 넓으므로 간섭으로 인해 오차가 크게 발생한 것으로 판단된다. 그러나 세 그룹 모두 임상적으로 적용이 가능한 $120 \mu\text{m}$ 이내의 결과 값을 보였다.

Trueness와 precision에서는 MODC 그룹이 가장 우수한 결과 값을 보였으며, 통계적 유의성 평가에서는 trueness는 유의한 차이를 보였으며, precision에서는 유의한 차이를 보이지 않았다. Trueness에서의 MOC 그룹이 가장 오차가 크게 나타났다. 이러한 현상은 다른 그룹들에 비해 교합면이 작은 면적을 가지고 있다. Jeon(2016) 등 의하면 소구치와 대구치의 정확성 평가를 하였다. 면적이 적은 소구치의 오차가 대구치보다 크다는 보고되었다. 따라서 본 연구에서 OC, MOC 그

룹보다 MODC가 크기가 크다. 스캔 오차에서 면적이 적을 때 스캔 데이터의 오차가 크게 발생한 것으로 판단된다. 또한 Kim(2018) 등에서도 면적이 적은 스캔 데이터가 오차가 크게 발생한 것으로 판단된다. 따라서 이러한 현상은 스캐너의 스캔 과정 중에서의 오차로 판단된다.

내면 부위의 구조를 3차원 평가를 하였을 경우 인레이 모형에 따라 크게 다르지 않다는 것을 보였다. 또한 Bae(2018) 등에 의하면 캐드캠 시스템을 이용한 인레이 3차원 정확성 평가가 35-60 μm 의 오차 값을 보였으며, Gabriel(2014) 등에 의하면 trueness에서 41-96 μm 의 오차 값을 보였다. 이러한 문헌을 참고하였을 때 본 연구에 결과의 trueness는 14-16 μm 의 오차 값을 보였으므로 수작업을 제작한 보철물이 더 정확한 것으로 사료된다. 따라서 수작업으로 측정된 2차원 변연 적합도와 소프트웨어를 사용한 3차원 정확성 분석에서는 평균값이 다르게 나타났다.

본 연구에서의 한계는 다양한 복합레진을 사용하여 평가가 진행되지 않았다는 점이며, 3차원 평가에 있어서 스캔 스프레이를 도포하여 스캔하였기 때문에 정확한 오차를 측정함에는 한계가 있었다. 또한 구치부의 교합면 내면만을 분석을 하였다는 점에서 일반화하기에는 한계가 있다. 향후 연구에서는 교합면 이외에 다양한 측면에서 신뢰성 평가가 이루어져야 할 것이다.

V. 결론

본 연구에서는 복합 레진으로 제작한 OC, MOC, MODC cavity의 교합면 2차원 적합도 분석과 3차원 내면 정확성 분석은 다음과 같다.

1. 교합면 2차원 변연 적합도는 임상적으로 모두 적용이 가능하였다.
2. 3차원 내면 정확성 평가에서는 MODC 그룹이 정확성 결과 값을 보였다.

REFERENCES

- Ausiello P, Ciaramella S, Fabianelli A, Gloria A, Martorelli M, Lanzotti A, watts DC. Mechanical behavior of bulk direct composite versus block composite and lithium disilicate indirect restorations by CAD-FEM modeling. *Dent Mater.* 33, 690-701, 2017.
- Bae EJ, Jeong ID, Kim WC, Kim JH. A study on the machining accuracy of dental digital method focusing on dental inlay. *J Adv Prosthodont.* 10, 321-327, 2018.
- Bae SY, Park JY, Jeong ID, Kim HY, Kim JH, Kim WC. Three-dimensional analysis of marginal and internal fit of copings fabricated with polyetherketoneketone(PEKK) and zirconia. *J Prosthodont Res.* 61, 106-112, 2017.
- Bosch G, Ender A, Mehl A. A 3-dimensional accuracy analysis of chairside CAD/CAM milling processes. *J Prosthet dent.* 112, 1425-1431, 2014.
- Cho BH, Lee MJ, Im MK, Lee KW, Son HH: A comparative study on marginal leakage of CAD/CAM-fabricated ceramic inlay. *J Kor Acad Cons Dent.* 22, 702-709, 1997.
- Choi SY, Jeong SW, Hwang YC, Kim SH, Yun Chang, Oh WM, Hwang IN. Shear bond strength of repaired composite resin restorations. *J Korean Acad Conserv Dent.* 27, 569-576, 2002.
- Christensen GJ. Acceptability of alternatives for conservative restoration of posterior teeth. *J Esthet Dent.* 7, 228-232, 1995.
- Chung SY, Cho JH, Lee KB, Choi YH, Song KB. Structural equation modeling for association between patient satisfaction and quality of life after implant surgery. *J Korean Acad Prosthodont.* 49, 291-299, 2011.

- Grenade C, Mainjot A, Vanheusden A: Fit of single tooth zirconia copings: comparison between various manufacturing processes. *J Prosthet Dent*, 105, 249–255, 2011.
- Jeon JH, Kim DY, Lee JJ, Kim JH, Kim WC. Repeatability and reproducibility of individual abutment impression, assessed with a blue light scanner. *J Adv Prosthodont*, 8, 214–218, 2016.
- Kim DY, Kim JH, Kim HY, Kim WC. Comparison and evaluation of marginal and internal gaps in cobalt–chromium alloy copings fabricated using subtractive and additive manufacturing. *J Prosthodont Res*, 62, 56–64, 2018.
- Kim DY, Lee KE, Jeon JH, Jeon JH, Kim JH, Kim WC. Evaluation of the reproducibility of various abutments using a blue light model scanner. *J Adv Prosthodont*, 10, 328–334, 2018.
- Kim JY, Choi KK, Park SJ. Replacement of posterior restorations. *J Korean Acad Conserv Dent*, 31, 460–469, 2006.
- Kim JT, Park JY, Kim WC, Kim JH. Evaluation of Flexural strength and surface porosity of three indirect composite resins. *J Korean Acad dent Tech*, 39, 9–16, 2017.
- Lee JJ, Jeong ID, Kim CM, Park JY, Kim JH, Kim WC. Comparison of accuracy of digital data obtained by intra–oral scanner and extra–oral scanner. *J Korean Acad dent Tech*, 37, 191–197, 2015.
- Lee SH, Yi YJ, Jo DW. Full–mouth rehabilitation in an amelogenesis imperfecta patient with anterior open bite using CAD/CAM system. *J Korean Acad Prosthodont*, 55, 410–418, 2017.
- Molin M, Karlsson S: The fit of gold inlays and three ceramic inlay systems: a clinical and in vitro study. *Acta Odontol Scand*, 51, 201–206, 1993.
- Mormann WH, Schug J. Grinding precision and accuracy of fit of CEREC 2 CAD/CIM inlays. *J Am Dent Assoc*, 128, 47–53, 1997.
- Pjetursson BE, Sailer I, Makarov NA, Zwahlen M, Thoma DS. All–ceramic or metal–ceramic tooth–supported fixed dental prostheses (FDPs)? A systematic review of the survival and complication rates. Part II: Multiple–unit FDPs. *Dent Mater*, 31, 624–639, 2015.
- Rippe MP, Monaco C, Volpe L, Bottino MA, Scotti R, Valandro LF. Different methods for inlay production: effect on internal and marginal adaptation, adjustment time, and contact point. *Oper Dent*, 42, 436–444, 2017.
- Yeom MO, Lee JH, Shin SY, Sin SC, Cho JW. The study on the shade color change that depends on the kind of zirconia core and the porcelain thickness. *J Korean Acad dent Tech*, 32, 341–350, 2010.
- 정지선의 11인, 최신 충전기공학. 명문출판사, 2008.