

전부 도재관의 변연 및 내면 간극에 대한 micro CT와 절단 시편 측정법의 비교

고인석¹ · 김정미² · 조혜원^{1*}

¹원광대학교 치과대학 치과보철학교실, ²원광대학교 치과병원 중앙기공실

Comparison of micro CT and cross-section technique for evaluation of marginal and internal fit of lithium disilicate crowns

In-Seok Ko¹, Jeong-Mi Kim², Hye-Won Cho^{1*}

¹Department of Dentistry, Graduate School, Wonkwang University, Iksan, Republic of Korea

²Dental Laboratory, Wonkwang University Dental Hospital, Iksan, Republic of Korea

Purpose: The purpose of this study was to evaluate the adaptation of lithium disilicate crowns fabricated by CAD-CAM (computer aided design-computer aided manufacturing) and heat-press technique to compare two different measurement methods in assessing fit of the ceramic crowns: micro CT and cross-section technique. **Materials and methods:** A prepared typodont mandibular molar for ceramic crown was duplicated and ten dies were produced by milling the PMMA (polymethylmethacrylate) resin. Ten vinyl polysiloxane impressions were made and stone casts were produced. Five dies were used for IPS e.max Press crowns with heat-press technique. The other five dies were used for IPS e.max CAD crowns with CAD-CAM technique. Ten lithium disilicate crowns were cemented on the resin dies using zinc phosphate cement with finger pressure. The marginal and internal fits in central buccolingual plane were evaluated using a micro CT. Then the specimens were embedded and cross-sectioned and the marginal and internal fits were measured using scanning electronic microscope. The two measurement methods and two manufacturing methods were compared using Mann-Whitney U test (SPSS 22.0). **Results:** The marginal and internal fit values using micro CT and cross-section technique were similar, showing no significant differences. There were no significant differences in adaptation between lithium disilicate crowns fabricated with CAD-CAM and heat-press technique. **Conclusion:** Both micro CT and cross-section technique were acceptable methods in the evaluation of marginal and internal fit of lithium disilicate crown. There was no difference in adaptation between lithium disilicate crowns fabricated with CAD-CAM and heat-press technique except occlusal fit. (*J Korean Acad Prosthodont* 2016;54:226-33)

Keywords: Micro CT; Marginal fit; Internal fit; Computer aided design-computer aided manufacturing (CAD-CAM)

서론

치과 보철 치료에 있어서 심미성과 생체 적합성의 중요성은 꾸준히 증가하고 있다. 전부 도재관은 투명도가 자연치와 비슷하여 심미적이며^{1,2} 생체 적합성이 우수한 장점을 가지고 있다.³ 최근에 lithium disilicate 도재는 파절 저항성을 개선하면서 전 치부의 3유닛 고정성 보철물 뿐만 아니라 구치부 단관 수복에도 사용되기 시작했다.⁴ 전부 도재관은 열가압 소성법과 치과

용 CAD-CAM (computer aided design-computer aided manufacturing) 으로 제작할 수 있다. 열가압 소성법에서는 IPS e.max Press (Ivoclar Vivadent, Schaan, Liechtenstein)를 사용하여 제작하며, 왁스 소환법을 통해 미리 결정화 처리를 한 실린더형의 글라스세라믹을 고온에서 가압하고 주형 내로 주입해 제작한다. 반면에 치과용 CAD-CAM 시스템에서는 지대치를 형성하고 인상을 채득해 모형을 제작한 후, 이를 구외스캐너로 스캐닝한 다음 도재관을 컴퓨터 상에서 디자인하고, IPS e.max CAD (Ivoclar

*Corresponding Author: Hye-Won Cho

Department of Dentistry, Graduate School, Wonkwang University,
460 Iksan-Daero, Iksan 54538, Republic of Korea
+82 (0)63 859 2938; e-mail, hwcho@wku.ac.kr

Article history: Received May 3, 2016 / Last Revision June 10, 2016 / Accepted June 20, 2016

※ This study was partially supported by Wonkwang University 2016.

© 2016 The Korean Academy of Prosthodontics

© This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

Vivadent, Schaan, Liechtenstein) 블록을 밀링 소성하여 만들어진다.⁵ 컴퓨터를 이용하여 수복물의 설계와 제작이 이루어지므로 제작 비용과 시간을 단축할 수 있고, 기공작업이 감소하며, 품질 관리가 쉽다는 장점이 있어 CAD-CAM 시스템에 대한 수요가 늘고 있다.⁶

그러나 CAD-CAM 시스템은 스캐닝, 소프트웨어를 이용한 디자인, 그리고 밀링 가공 등의 제작 과정에서 보철물의 오차가 발생할 수 있다.⁷ 열가압도재를 이용한 전부 도재관도 납형 제작과 매몰, 주입성형 및 글레이징 등의 과정에서 오차가 발생하여 전부 도재관의 적합도에 영향을 미칠 수 있다.⁴

단일 도재관의 변연 적합도와 내면 적합도를 측정하는 방법은 표준화된 기준이 없다. Contrepolis 등⁸은 전부 도재관의 적합도에 관한 체계적 평가에서 가장 널리 사용된 측정 방법은 변연부를 현미경으로 직접 관찰하는 방법과 도재관을 최종 합착한 후 절단하여 변연 간극을 측정하는 방법이라고 보고했다. 직접 관찰법은 외관상 보이는 부분에 대해서만 측정이 가능하다는 단점이 있으며, 절단시편 측정법(cross-section technique)은 침습적이고, 한 시편당 얻을 수 있는 절단면의 수가 제한적이라는 단점이 있다.⁸ 계측의 정확성에 대해 Moon 등⁹은 절단시편 측정법이 가장 정확한 방법이라 하였으며, Groten 등¹⁰은 광학 현미경과 주사전자현미경으로 직접 관찰하는 방법에 차이가 없었다고 하였고 Rahmé 등¹¹은 replica technique과 시편을 절단하여 전자 현미경으로 측정하는 절단시편 측정법 사이에 유의한 차이가 없다고 보고하였다. 그러나 replica technique은 변연부에서 간극을 확인하는 것이 어렵고, 보철물을 분리하는 과정에서 탄성의 인상재가 찢어질 수 있어 내면간극을 측정하는데 이용하는 것이 바람직하다는 의견도 있다.¹²

최근에는 도재관의 변연 간극을 측정하기 위해 micro CT를 사용한 방법이 추천되고 있다. 다양한 방향에서 2차원적인 계측이 가능하며, 지대치와 도재관 사이의 공간을 3차원적인 영상으로 분석할 수 있다. 시편에 침습적인 영향을 주지 않으며, 보철물의 적합도를 정밀하게 측정하여 분석할 수 있다는 장점이 있어 이를 이용한 비교분석이 증가하고 있다.^{13,14} 그러나 동일한 시편에서 다른 측정 방식에 따라 보철물의 적합도가 어떤 양상을 나타내는지에 대한 연구는 아직 부족한 실정이다. 이에 본 연구는 micro CT와 절단 시편을 이용한 측정 방법에 따라 CAD-CAM 가공법과 열가압 소성법으로 제작한 전부 도재관의 적합도를 비교 분석하였다.

재료 및 방법

1. 지대치 모형 제작

1) 지대치 형성

좌측 하악 제 1대구치 레진 치아(Dentifform, Nissin dental model, Kyoto, Japan)에 지대치를 형성하였다. 교합면 2mm, 측면은 1mm를 삭제하였다. 6도의 경사도와 shoulder 변연을 부여하여 지대

치 형성을 마무리 하였다. 동일한 절단면을 얻기 위한 기준점으로 지대치 형성부 하방의 협측 중앙에 작은 홈을 형성하였다.

2) 레진 복제 모형 제작

레진 지대치를 모델 스캐너(Optical scanner S600ARTI, Zirkonzahn, Gais, Italy)를 이용하여 스캔하였다. 이를 바탕으로 밀링 유닛(M5, Zirkonzahn, Gais, Italy)을 이용하여 PMMA 레진 블록(Temp Premium A1-B1 95H16, Zirkonzahn, Gais, Italy)을 절삭하였다(Fig. 1). 총 10개의 레진 복제 모형을 제작하였고 5개씩 CAD-CAM 군과 heat-press 군으로 나누었다.

2. 전부 도재관 제작

복제된 레진 치아 10개를 각각 polyvinylsiloxane 인상재(Honigum light body, regular body, DMG, Hamburg, Germany)로 인상채득하였다. 주 모형을 제작하기 위하여 Type IV 초경석고(Tuff Rock-Type IV Blue, Talladium Inc., Valencia, CA, USA)로 모형을 제작하였다.

먼저, 5개의 주 모형을 각각 model scanner (Ceramil map400, Amann Girrbach, Koblach, Austria)로 스캔한 후, CAD-CAM 상에서 단일 도재관을 설계하였다. CAD-CAM milling machine (Ceramil motion 2, Amann Girrbach, Koblach, Austria)을 이용하여 IPS e.max CAD (Ivoclar Vivadent, Schaan, Liechtenstein) 블록을 절삭하여, 5개의 전부 도재관을 제작하였다.

다른 5개의 주 모형으로 다이를 제작 하고, 납형을 형성하여 매몰 후 소환하였다. 열가압 소성법으로 IPS e.max Press (Ivoclar Vivadent, Schaan, Liechtenstein)를 사용하여 5개의 전부 도재관을 제작하였다.

3. 전부 도재관 합착

레진 다이에 각각 제작한 전부 도재관을 인산아연시멘트(Fleck's zinc cement, Keystone industries, Gibbstown, NJ, USA)로 합착하였다. 잘 훈련된 동일한 실험자가 제조사의 지시대로 혼합



Fig. 1. Prepared resin master die.

한 후, 전부 도재관 내면에 적용한 뒤 경화가 완료될 때까지 손가락 압력으로 합착하였다. 경화 완료 된 뒤 여분의 시멘트를 제거하였다.

4. Micro CT 측정

합착된 레진 치아-전부 도재관 복합체의 적합도를 측정하기 위하여, micro CT (Three-dimensional micro focus computed tomography, Sky-Scan 1172, Skyscan, Kontich, Belgium)로 촬영하였다. 그 후 이미지 분석 소프트웨어(CT-analyzer, Skyscan, Kontich, Belgium)를 이용하여 2차원 분석 시행하였다 (Fig. 2).

각 레진 치아마다 형성된 협측 중앙의 기준점과 시편의 중심을 지나는 협설 시상면을 얻은 후, 시상면에 측정하고자 하는 포인트를 정하여 그 간극을 측정하였다. 각 측정 포인트는 다 이 변연의 marginal fit과 변연에서 교합면 방향으로 800 μm 떨어진 cervical fit, 측벽의 중간 지점인 axial fit, axio-occlusal angle에서 중앙쪽으로 500 μm 떨어진 occlusal fit으로 나누어 비교 분석하였다 (Fig. 3).

5. 시편의 매몰 및 절단

Micro CT를 통하여 영상정보를 획득한 후, 각 레진 다이-전부 도재관을 플라스틱 주형에 투명한 아크릴 레진으로 매몰하였다. 시편은 저속절단기의 다이아몬드 saw (ISOMET low speed saw, Buehler, Germany)를 이용하여 micro CT로 촬영했을 때와 동일한 면을 얻을 수 있도록 협설 방향으로 절단하였다. SiC paper로 절단한 시편의 절단면을 단계적으로 2000 grit까지 연마하였다 (Fig. 4).

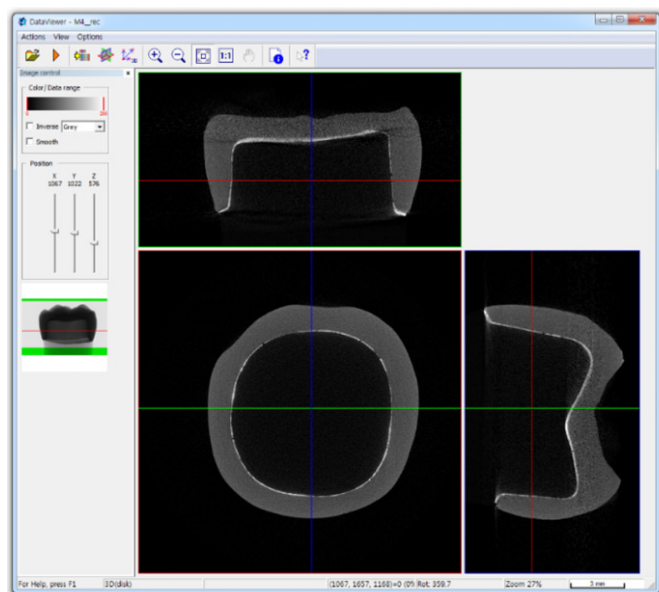


Fig. 2. Micro CT analysis of adaptation.

6. 주사전자현미경 측정

각 시편의 절단면을 주사전자현미경 (JSM-6360, Jeol Ltd., Tokyo, Japan)에서 100배와 200배로 확대하였다 (Fig. 5). 주사전자현미경으로 얻은 자료를 smile view 프로그램(ver 2.05, Jeol Ltd., Tokyo, Japan)을 이용하여 micro CT로 분석했을 때와 동일한 기준점 8군데의 간극을 각각 측정하였다.

7. 통계 처리 및 분석

계측 지점 marginal fit, cervical fit, axial fit, occlusal fit에서 계측된 모든 결과를 windows용 SPSS 통계 프로그램(ver. 22.0, SPSS, Chicago, IL, USA)을 이용하여 micro CT와 주사전자현미경에 의한 측정 방식과, CAD-CAM과 열가압 소성법에 의한 제작 방식에 따라 Mann-Whitney 검정 방법을 이용하여 유의차 검증을 시행하였다.

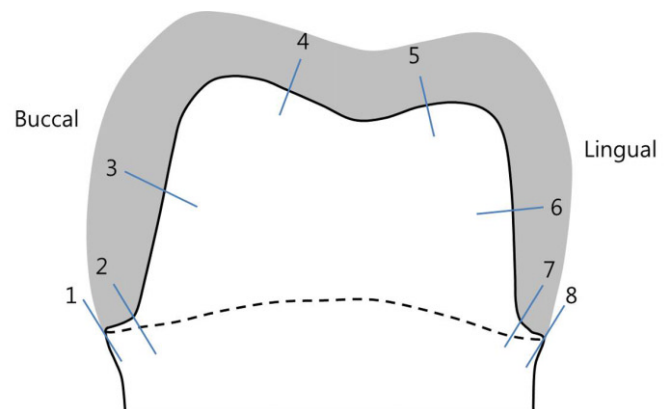


Fig. 3. Eight reference points showing sites of marginal fit (1, 8), cervical fit (2, 7), axial fit (3, 6) and occlusal fit (4, 5).



Fig. 4. Cross-sectioning of resin die-ceramic crown complex.

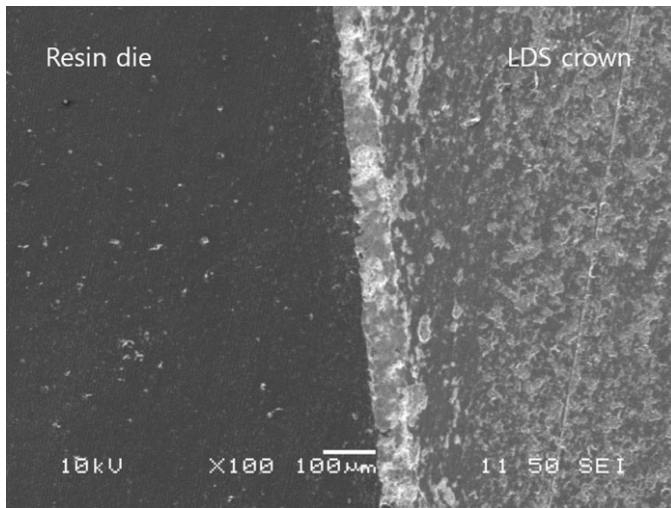


Fig. 5. SEM analysis of adaptation. LDS: lithium disilicate.

결과

1. 제작 방식에 따른 비교

CAD-CAM으로 제작한 전부 도재관과 열가압소성으로 제작한 전부 도재관의 적합도를 측정하여 Mann-Whitney 분석하였다. Micro CT를 이용하여 측정한 경우 CAD-CAM과 열가압소성법 두 제작 방식에 따른 적합도는 모든 계측점에서 유의한 차이를 보이지 않고 있다. Cross section technique 방법을 이용하여 측정한 경우에도 두 그룹 간의 적합도는 유의한 차이를 보이지 않았다 (Table 1). Occlusal fit에서 CAD-CAM으로 제작한 전부 도재관의 경우 열가압소성으로 제작한 전부 도재관보다 더 큰 간극을 보이고 있지만, 두 측정 방법 모두에서 유의한 차이를 나타내지 않았다 ($P > .05$).

2. 측정 방식에 따른 비교

CAD-CAM으로 제작한 전부 도재관과 열가압소성으로 제작한 전부 도재관의 간극을 측정 방식에 따라 비교하기 위하여 Mann-Whitney 분석을 시행하였다. 모든 계측점에서 측정 방식에 따른 유의한 차이를 보이지 않았다 (Table 2).

Table 1. Descriptive statistics of internal adaptation according to fabricating method using micro CT and cross section technique

Reference point	Group	Micro CT			Cross section technique		
		Median (μm)	Mann-Whitney U	P	Median (μm)	Mann-Whitney U	P
Marginal fit	CAD-CAM	130.5	48.5	.909	136	43	.597
	Heat-press	170.5			185.5		
Cervical fit	CAD-CAM	121.5	39.5	.426	142.5	46	.762
	Heat-press	161.5			180		
Axial fit	CAD-CAM	67.5	37	.322	86	33.5	.212
	Heat-press	84			104.5		
Occlusal fit	CAD-CAM	206	33	.198	222	25	.059
	Heat-press	143.5			155		

Table 2. Descriptive statistics of internal adaptation of lithium disilicate crowns according to measurement method

Reference point	Group	CAD-CAM			Heat-press technique		
		Median (μm)	Mann-Whitney U	P	Median (μm)	Mann-Whitney U	P
Marginal fit	Micro CT	130.5	47	.821	170.5	44	.649
	Cross section	136			185.5		
Cervical fit	Micro CT	121.5	43	.596	161.5	48	.880
	Cross section	142.5			180		
Axial fit	Micro CT	67.5	48	.880	84	31.5	.160
	Cross section	86			104.5		
Occlusal fit	Micro CT	206	48	.879	143.5	48	.879
	Cross section	222			155		

고찰

전부 도재관의 변연 적합도가 좋지 않으면, 치태 축적, 시멘트 용해, 이차 우식, 치은염 및 치주질환을 야기할 수 있고, 내면 적합도가 부적절한 경우, 전부 도재관의 파절 강도에 좋지 않은 영향을 미칠 수 있다.⁸ Gardner⁴⁵는 임상적으로 허용할 수 있는 전부 도재관의 적합도로서 미국치과의사협회가 제시한 25 - 40 μm ¹⁶는 이상적인 조건에서도 만족시키기 어려운 기준이라고 하였다. McLean과 von Fraunhofer⁴⁷는 replica technique을 이용한 구강 내 수복물에 대한 연구에서 변연 간극이 100 μm 정도일 때 문제를 거의 일으키지 않으며, 120 μm 가 임상적으로 허용할 수 있는 최대 변연 간극이라고 하였다. 그러나 변연 적합도에 있어서 그들이 제시한 120 μm 는 시멘트의 피막도를 고려하지 않은 조건이므로, 임상적인 상황을 충분히 고려한 다른 기준을 적용해야 한다. Gulker⁴⁸는 변연 적합도가 200 μm 까지도 임상적으로 받아들여질 만하다고 하였으며, Moldovan 등⁴⁹은 변연 간극이 100 μm 인 것을 '양호'한 상태로, 200 - 300 μm 인 것을 '허용 가능'한 상태로 기준을 제시하였다. Kydd 등²⁰도 치주질환으로 발치된 치아에서 변연 누출에 대해 연구하였는데, 변연 간극이 244 μm 인 경우에도 20년 이상 사용될 수 있었다고 설명하였다. 따라서 본 연구에서 인산아연 시멘트로 최종 합착한 전부 도재관의 변연 적합도는 120 μm 의 기준을 초과하나, 임상적으로 허용 가능한 범위라고 생각할 수 있다.

본 연구에서 측정된 평균 변연 간극은 153.5 - 180 μm 로 일반적인 전부 도재관의 변연 간극에 비해 다소 큰 편이다. 이러한 결과가 나온 원인 중 하나는 시멘트 합착이라고 생각된다. 임상 진료 시에는 전부 도재관의 합착 시 레진 시멘트를 주로 사용하나 본 연구에서는 인산아연 시멘트를 사용하였다. 이는 micro CT 촬영 시 레진 시멘트와 레진 지대치의 방사선 투과도가 유사하여 정확한 분석이 어렵기 때문이었다. 레진 시멘트에 비해 인산아연 시멘트는 피막도가 낮은 편이지만,²¹ 보철물 합착 전보다 합착 후에 변연 간극이 증가하는 것을 막을 수 없다.^{13,16}

또한 금관 합착 시 피막도를 감소시키기 위하여 10 파운드 또는 5 kg 이상의 힘으로 가압하도록 권고하고 있으나, 전부 도재관은 변연부 도재의 파절이나 미세균열의 가능성이 높아 약한 힘으로 합착하도록 제한되고 있다.^{22,23} 따라서 본 연구에서는 도재관 합착 시 임상적인 조건을 그대로 재현하기 위해, 한 사람의 술자가 손가락 압력으로 눌러주는 방법을 선택하였다. 이러한 과정에서 오차가 발생하여 비스듬하게 장착(oblique seating)이 되면 전부 도재관의 변연 간극을 증가시킬 수 있다.

보철물을 제작하는 과정에서 기공사의 역량이나, CAD-CAM 시스템의 스캐닝과 software program, 밀링 기계의 정확도, 및 두 가지 도재관의 제작방법에 사용된 세라믹 재료의 물성의 차이도 변연 간극에 영향을 미칠 수 있다.²⁴ 왁스 소환법을 사용하는 IPS e.max Press 도재는 납형이 냉각될 때와 세라믹 코핑이 주입 성형될 때 발생하는 열수축이 일어난다. 이는 인산염계 매몰재의 경화 및 열팽창에 의해 보상되어야 하며, 이러한 과정을

수행하는 기공사의 역량도 중요하다.²⁵

치과용 CAD-CAM 가공 과정에서는 밀링용 버의 형태 결함이나 마모, 다이아몬드 버의 경우에는 다이아몬드 입자가 떨어져 나와 오차를 발생시키며 도재에 거친 표면을 만들 뿐만 아니라 변연의 날카로운 부분이 깨지면서 변연 간극이 증가된다. 또한 CAM 기계의 떨림과 회전축의 흔들림이 발생하거나, 절삭 과정 중에 버의 파절이 일어나는 경우에도 오류를 일으킨다.^{20,26} 일반적으로 도재관을 CAD-CAM으로 제작할 경우 spacer thickness에 대해 Mously 등²⁷은 30 - 60 μm 를 추천하였다. 본 연구에서는 그 최소치인 30 μm 로 설정하여 제작하였다. 또한, IPS e.max 도재관은 마무리 과정으로 ceramic furnace에서 재결정화 단계를 거쳐야 한다. 이 때, 수축이 발생하며, 이를 절삭과정에서 보상해야 한다.²⁸ 이러한 과정에서 오차가 발생할 수 있다. 본 연구에서 구외스캐너를 이용하여 CAD-CAM으로 제작한 전부 도재관과 열가압소성으로 제작한 전부 도재관의 변연 간극과 내면 간극은 교합면 적합도를 제외한 모든 부위에서 제작 방식에 따른 유의한 차이는 없었다.

본 연구에서 도재관과 지대치 사이의 간극을 두 가지 측정방법으로 비교하였다. 즉 변연 간극과 내면 간극을 먼저 micro CT로 측정하고, 동일부위를 절단시편으로 제작한 다음 주사전자현미경을 이용하여 측정하였다. 두 가지 측정 방식에 따른 차이를 4 부위에서 비교 분석하였으며, 모든 부위에서 측정 방식 사이에 유의한 차이를 나타내지 않았다. 이는 서로 다른 측정 방식을 비교한 여러 연구들과 유사한 결과이다. Groten 등⁴⁰은 상악 중절치를 모사한 금속 지대치에서 Celay In-Ceram 도재관을 제작하여 광학 현미경과 주사전자현미경으로 수직 변연 간극을 측정 비교하였다. 그들은 두 측정 방식 사이에 유의한 차이는 없다고 보고하였으나 광학현미경보다 주사전자현미경을 사용하도록 권고하였다. Rahmé 등¹¹은 replica technique과 절단시편 측정법을 사용하여 상악 중절치와 소구치에서 Procera AllCeram 도재관의 내면과 변연 간극을 비교하였다. 두 가지 측정 방식을 비교한 결과, 측면 간극과 변연 간극의 평균치는 유의한 차이가 없으나, 협, 설, 근, 원심 간 비교에서 차이가 있다고 하였다. 다만 그들은 시편 제작 시 글라스아이오노머 시멘트를 사용하여 도재관을 경색고 다이에 3.8 kg 하중으로 접촉한 후, 레진으로 포매하여 절단하였다. 따라서 주수 하에 저속 절단 시 경색고 다이가 손상될 수 있어 측정에 오차가 발생할 수 있을 것이다.

Rungruanant 등²⁹은 지르코니아 코핑의 내면에 10 - 100 μm 까지 7가지 표준화된 인상재의 두께를 재현하고 내면 간극을 micro CT와 정량적 광학분석법(quantitative optical analysis)으로 측정 비교하였다. 측정 방식에 따른 차이가 크지는 않으나, micro CT의 정확도가 높았으며, 광학분석법은 설측 측면과 같이 매우 얇은 부위(< 10 - 15 μm)를 측정하는데 유용하여 임상적 연구에 사용할 수 있을 것이라고 언급하였다.

Micro CT는 어느 방향에서든지 2차원적인 분석이 가능하며, 단면의 수를 늘려 계측치를 증가시킬 수 있어 변연 간극의 실

체를 파악하기에 유리하다. 또한 지대치와 도재관 사이의 공간을 3차원적인 영상으로 구현하여 내면 간극을 부피로 측정 표현할 수 있다. 따라서 절단시편과 같이 침습적인 영향을 주지 않으며, 보철물의 적합도를 정밀하게 측정하고 분석할 수 있어 최근 이를 이용한 연구가 증가하고 있다.^{13,14}

그러나 micro CT도 몇 가지 단점을 가지고 있다. 즉 스테인레스 강과 같이 피사체의 방사선 투과율이 확연히 다를 경우 phase contrast와 ring artifact를 야기할 수 있고, 서로 다른 물체의 계면 또는 모서리에서 x선의 굴절 및 edge-effect 현상이 발생하여 측정 시 오차가 발생할 수 있다.³⁰ 적합도를 평가할 때 시멘트를 사용할 경우 방사선 불투과성인 경우나 방사선 투과도가 지대치나 도재관과 비슷한 경우 정밀한 분석이 어려워진다. 또한, 주사전자현미경은 0.25 nm의 해상도로 측정이 가능하나 micro CT의 경우 1.8 μ m의 해상도를 보여 micro CT가 광학현미경이나 주사전자현미경에 비해 해상도가 낮다는 문제점이 있다.^{13,30}

보철물과 지대치 사이의 적합도를 측정하는 방법은 다양하게 존재하며, 각 연구마다 저자가 원하는 방식으로 적합도를 측정하였다. 이에 측정 방식에 따라 보철물의 적합도가 어떤 양상을 나타내는지에 대한 추가적인 연구가 필요했다. 따라서 본 연구는 전부 도재관의 내면 적합도를 micro CT로 측정하고, 동일한 시편을 cross section technique으로 절단하여 주사전자현미경으로 적합도를 측정하여 비교하였다는 데에 의의가 있다.

결론

본 연구는 micro CT와 cross section technique을 이용한 측정 방법으로 전부 도재관의 변연 및 내면 간극을 비교하여 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. CAD-CAM과 열가압소성으로 제작한 전부 도재관의 적합도는 모든 계측 지점에서 통계적으로 유의한 차이를 보이지 않는다.
2. Micro CT와 절단 시편을 이용한 측정법에 따른 적합도는 유사하였으며, 통계적으로 유의한 차이를 보이지 않는다. Micro CT와 절단 시편을 이용한 측정 방식 모두 임상적으로 이용 가능하다.

ORCID

Hye-Won Cho <http://orcid.org/0000-0003-0623-5647>

References

1. Heffernan MJ, Aquilino SA, Diaz-Arnold AM, Haselton DR, Stanford CM, Vargas MA. Relative translucency of six all-ceramic systems. Part I: core materials. J Prosthet Dent 2002;88:4-9.
2. Heffernan MJ, Aquilino SA, Diaz-Arnold AM, Haselton DR, Stanford CM, Vargas MA. Relative translucency of six all-ceramic systems. Part II: core and veneer materials. J Prosthet Dent

- 2002;88:10-5.
3. Conrad HJ, Seong WJ, Pesun IJ. Current ceramic materials and systems with clinical recommendations: a systematic review. J Prosthet Dent 2007;98:389-404.
4. Seghi RR, Daher T, Caputo A. Relative flexural strength of dental restorative ceramics. Dent Mater 1990;6:181-4.
5. 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.
6. Miyazaki T, Hotta Y, Kunii J, Kuriyama S, Tamaki Y. A review of dental CAD/CAM: current status and future perspectives from 20 years of experience. Dent Mater J 2009;28:44-56.
7. 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.
8. Contrepolis M, Soenen A, Bartala M, Laviole O. Marginal adaptation of ceramic crowns: a systematic review. J Prosthet Dent 2013;110:447-54.
9. 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.
10. Groten M, Girthofer S, Pröbster L. Marginal fit consistency of copy-milled all-ceramic crowns during fabrication by light and scanning electron microscopic analysis in vitro. J Oral Rehabil 1997;24:871-81.
11. Rahmé HY, Tehini GE, Adib SM, Ardo AS, Rifai KT. In vitro evaluation of the "replica technique" in the measurement of the fit of Procera crowns. J Contemp Dent Pract 2008;9:25-32.
12. Wolfart S, Wegner SM, Al-Halabi A, Kern M. Clinical evaluation of marginal fit of a new experimental all-ceramic system before and after cementation. Int J Prosthodont 2003;16:587-92.
13. Pelekian S, Koumanou M, Koutayas SO, Zinelis S, Eliades G. Micro-CT evaluation of the marginal fit of different In-Ceram alumina copings. Eur J Esthet Dent 2009;4:278-92.
14. Neves FD, Prado CJ, Prudente MS, Cameiro TA, Zancopé K, Davi LR, Mendonça G, Cooper LF, Soares CJ. Micro-computed tomography evaluation of marginal fit of lithium disilicate crowns fabricated by using chairside CAD/CAM systems or the heat-pressing technique. J Prosthet Dent 2014;112:1134-40.
15. Gardner FM. Margins of complete crowns-literature review. J Prosthet Dent 1982;48:396-400.
16. Council on Dental Materials and Devices. Revised American National Standards Institute/American Dental Association Specification No. 8 for zinc phosphate cement. J Am Dent Assoc 1978;96:121-3.
17. McLean JW, von Fraunhofer JA. The estimation of cement film thickness by an in vivo technique. Br Dent J 1971;131:107-11.
18. Gulker I. Margins. N Y State Dent J 1985;51:213-5, 217.
19. 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.
20. Kydd WL, Nicholls JJ, 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.
21. White SN, Kipnis V. Effect of adhesive luting agents on the mar-

- ginal seating of cast restorations. *J Prosthet Dent* 1993;69:28-31.
22. Davis DR. Comparison of fit of two types of all-ceramic crowns. *J Prosthet Dent* 1988;59:12-6.
23. Abbate MF, Tjan AH, Fox WM. Comparison of the marginal fit of various ceramic crown systems. *J Prosthet Dent* 1989;61:527-31.
24. Pimenta MA, Frasca LC, Lopes R, Rivaldo E. Evaluation of marginal and internal fit of ceramic and metallic crown copings using x-ray microtomography (micro-CT) technology. *J Prosthet Dent* 2015;114:223-8.
25. Keshvad A, Hooshmand T, Asefzadeh F, Khalilinejad F, Alihemmati M, Van Noort R. Marginal gap, internal fit, and fracture load of leucite-reinforced ceramic inlays fabricated by CEREC inLab and hot-pressed techniques. *J Prosthodont* 2011;20:535-40.
26. Mörmann WH, Schug J. Grinding precision and accuracy of fit of CEREC 2 CAD-CIM inlays. *J Am Dent Assoc* 1997;128:47-53.
27. Mously HA, Finkelman M, Zandparsa R, Hirayama H. Marginal and internal adaptation of ceramic crown restorations fabricated with CAD/CAM technology and the heat-press technique. *J Prosthet Dent* 2014;112:249-56.
28. Raigrodski AJ. Contemporary materials and technologies for all-ceramic fixed partial dentures: a review of the literature. *J Prosthet Dent* 2004;92:557-62.
29. Rungruanganunt P, Kelly JR, Adams DJ. Two imaging techniques for 3D quantification of pre-cementation space for CAD/CAM crowns. *J Dent* 2010;38:995-1000.
30. Krasanaki ME, Pelekanos S, Andreiotelli M, Koutayas SO, Eliades G. X-ray microtomographic evaluation of the influence of two preparation types on marginal fit of CAD/CAM alumina copings: a pilot study. *Int J Prosthodont* 2012;25:170-2.

전부 도재관의 변연 및 내면 간극에 대한 micro CT와 절단 시편 측정법의 비교

고인석¹ · 김정미² · 조혜원^{1*}

¹원광대학교 치과대학 치과보철학교실, ²원광대학교 치과병원 중앙기공실

목적: 본 연구는 수복물의 적합도를 측정하는 두 가지 측정방법을 평가하기 위해 CAD-CAM (computer aided design-computer aided manufacturing)과 열가압 소성법으로 전부 도재관을 제작하고 micro CT와 cross-section technique으로 전부 도재관의 적합도를 비교하고자 하였다.

재료 및 방법: 하악 제 1대구치 레진 치아를 전부 도재관을 위한 지대치를 형성하고 PMMA (polymethylmethacrylate) 레진 블록을 가공하여 10개의 시편을 복제하였다. 복제한 레진 다이의 인상을 채득하고 모형을 제작하여 5개는 열가압 소성법으로 IPS e.max Press (Ivoclar Vivadent, Schaan, Liechtenstein) 도재관을 제작하였다. 다른 5개의 시편은 CAD-CAM 가공법(Ceramill motion 2, Amann Girrbach, Koblach, Austria)을 이용하여 IPS e.max CAD 도재관을 제작하였다. 각 레진 다이에 전부 도재관을 인산아연 시멘트(Fleck's zinc cement, Keystone industries, Gibbstown, NJ, USA)로 손가락 압력에 의해 합착하였다. 변연 및 내면 적합도를 측정하기 위해서 합착된 시편 10개를 먼저 micro CT로 촬영하여 헵-설 시상면의 영상정보를 획득하였다. 그 후 절단 시편을 만들어 주사전자현미경으로 micro CT와 동일한 지점의 간극을 측정하였다. SPSS 22.0 프로그램을 이용하여 각 측정 지점에서 제작 방식별, 측정 방식별로 Mann-Whitney 검정 방법을 통해 유의차 검증을 시행하였다.

결과: Micro CT와 주사전자현미경으로 측정한 변연 및 내면 적합도는 유사하였으며, 통계적으로 유의한 차이를 보이지 않았다. 두 가지 제작법의 도재관은 변연 및 내면 적합도에 유의한 차이가 없었다.

결론: CAD-CAM과 열가압소성으로 제작한 전부 도재관은 적합도에 차이를 보이고 있지 않으며, Micro CT와 주사전자현미경을 이용한 측정 방식 모두 임상적으로 이용 가능할 것으로 사료된다. (대한치과보철학회지 2016;54:226-33)

주요단어: Micro CT; 변연 간극; 내면 간극; 캐드캠

*교신저자: 조혜원

54538 전북 익산시 익산대로 460 원광대학교 치과대학 치과보철학교실

063 859 2938: e-mail, hwcho@wku.ac.kr

원고접수일: 2016년 5월 3일 / 원고최종수정일: 2016년 6월 10일 / 원고채택일: 2016년 6월 20일

※ 본 연구는 2016년 원광대학교 교비 지원에 의해 연구되었음.

© 2016 대한치과보철학회

이 글은 크리에이티브 커먼즈 코리아 저작자표시-비영리 3.0 대한민국 라이선스에 따라 이용하실 수 있습니다.