

MAD/MAM을 이용한 치과용 지르코니아 코어의 변연 적합도

강동림 · 심준성 · 문홍석 · 이근우*

연구 목적: 본 연구에서는 MAD/MAM 시스템으로 제작된 지르코니아 코어를 통상적인 방법으로 제작된 금속-도재관 코어와 CAD/CAM 시스템으로 제작된 코어와의 변연부 적합도를 비교·분석해 보고자 한다.

연구 재료 및 방법: 레진치를 전부 도재관 제작을 위한 형태로 삭제하고, 이를 복제하여 석고 모형을 제작하였다. 석고 모형에 대해 금속-도재관, CAD/CAM (Cercon[®]), 3종의 MAD/MAM 시스템 (Ceramill[®], Rainbow[™], Zirkozhan[®])으로 각각 10개의 코어를 제작하였다. 제작된 코어를 다이에 합착하여 광학 현미경 상에서 50배율로 변연 간격을 관찰, 측정하였다. 측정된 결과는 one-way ANOVA test로 분석하고, Tukey's HSD test로 사후검정 하였다.

결과: 각 시스템에서 변연 간격의 평균과 표준 편차는 금속-도재관 코어 51.97 ± 23.38 μm, Cercon[®] 62.16 ± 25.88 μm, Ceramill[®] 67.64 ± 40.38 μm, Rainbow[™] 125.07 ± 42.19 μm, Zirkozhan[®] 105.02 ± 44.61 μm로 측정되었다.

결론: 금속-도재관 코어나 CAD/CAM에 비해 MAD/MAM 방식으로 제작된 코어의 변연 간격이 큰 것으로 나타났다 ($P < .05$). MAD/MAM 시스템 내에서도 Ceramill[®], Zirkozhan[®], Rainbow[™] 순으로 변연 간격이 작은 것으로 측정되었으며, 이 중 Ceramill[®]은 CAD/CAM 시스템인 Cercon[®]과 변연 간격에 유의차가 없었다. (대한치과보철학회지 2010;48:1-7)

주요단어: 지르코니아, 코어, MAD/MAM, 절대 변연 오차

서론

치과 수복물의 심미에 대한 관심이 증가함에 따라 치아의 색조를 유사하게 재현할 수 있는 전부 도재 수복물에 대한 연구, 개발이 이어지고 있다. 그 중에서도 금속의 특성인 충분한 강도를 가지면서도 심미성을 확보할 수 있는 지르코니아에 대한 연구가 활발히 진행되고 있다. 그러나 지르코니아는 높은 강도로 인해 기존의 도재 수복물을 제작하는 방법을 적용하기 어려워 기계적으로 절삭하여 가공하게 된다.^{1,2} 이런 지르코니아 코어의 설계, 절삭 과정에 있어서 세밀하면서도 반복적으로 균일한 수복물 제작을 위해 컴퓨터가 도입되었다. CAD/CAM (Computer-Assisted Design / Computer-Assisted Manufacturing) 시스템은 기공물 제작에 소요되는 시간을 줄이고, 기공물 단가를 절감할 수 있으며, 수작업에 비해 균일한 결과물을 만들 수 있는 장점이 있다.^{2,3} 반면 시스템을 갖추는데 많은 비용이 소모되며, 절삭 기기 자체의 정밀도와 다루는 이의 숙련된 조작 능력이 필요하다.^{2,4} 또한 지대치 형상의 컴퓨터 입력 과정 (스캔), 컴퓨터 소프트웨어상의 설계, 그리고 지르코니아의 소결 후 수축에 따른 부정확성이 발생할 수 있다.⁵ 이러한

CAD/CAM 시스템의 장점을 도모하면서 단점을 보완하고자 수작업을 동반한 절삭 가공 시스템이 개발되었고, 현재 수종의 MAD/MAM (Manually-assisted Design/Manually-Assisted Manufacturing) 시스템이 사용되고 있다.

심미적인 보철물을 위한 다양한 제작 방법이 존재하지만, 임상적인 적용을 위해서는 여러 가지 요소가 평가되어야 한다. 그 중 변연 적합도는 보철물의 성공 여부를 결정짓는 중요한 척도다.⁶ 이는 통상적으로 제작하던 금속-도재관 코어 뿐만이 아니라, 심미 영역에서 사용되는 지르코니아를 이용한 전부 도재관에도 같은 잣대를 적용할 수 있다. 정밀한 변연 적합을 얻기 위해서는 제작상의 주의를 기울여야 하며, 치아 형성에서부터 보철물 합착시까지 모든 과정이 변연부 적합도에 영향을 줄 수 있다.⁷

본 연구에서는 3종의 MAD/MAM 시스템으로 제작된 지르코니아 코어가 통상적인 방법으로 제작된 코어나 CAD/CAM 시스템으로 제작된 지르코니아 코어에 비해 어느 정도의 변연 적합성을 갖는지 비교·분석하여 임상 적용의 가능성을 평가하고자 한다.

*교신저자: 이근우

120-752 서울시 서대문구 신촌동 134 연세대학교 치과대학 치과보철학교실 02-2228-3160; e-mail, kwlee@yuhs.ac

원고접수일: 2009년 10월 15일 / 원고최종수정일: 2009년 12월 30일 / 원고채택일: 2010년 1월 15일

연구 재료 및 방법

1. 원본 지대치 형성

덴티폼상의 상악 좌측 중절치 형태의 레진 모형치 (A5A-500[®]; Nissin Dental Products, Inc., Kyoto, Japan)를 사용하였고, 지대치의 형태는 절단부 2 mm 삭제, 변연부는 순측, 구개측, 근심측, 원심측 모두 폭 1.0 mm의 deep chamfer를 형성하였다.

2. 원본의 복제

Rema[®]Sil (Dentaurum Inc., Ispringen, Germany)을 이용하여 삭제된 레진치의 mold를 제작하고, 이것에 초경석고 (GC FujiRock[®] EP; GC Europe N.V., Leuven, Belgium)를 부어 원본 지대치 형태의 초경석고 다이 50개를 복제하였다.

3. 군 분류

금속-도재 전장관을 위한 금속-도재관 코어, CAD/CAM 시스템으로 제작한 지르코니아 코어 (Cercon[®]), MAD/MAM 시스템 3종 (Ceramill[®], Rainbow[™], Zirkozhan[®])으로 제작한 지르코니아 코어, 총 5 군으로 분류하였다 (Table I).

4. 금 합금 코어의 제작

석고 다이에 die spacer (Nice Fit[®]; Shofu Dental co., Menlo park, California, USA)를 변연부에서 1 mm 상방으로 2회 도포하여 합착재를 위한 공간을 마련하고, 변연부 하방으로는 die hardener (Stone die & plaster hardener resin[®]; George Taub Products Fusion Co. Inc., USA)를 도포하였다. 통상적인 방법대로 왁스를 이용하여 코어를 제작한 다음, 매몰·소환 과정을 거쳐 금속-도재관 코어 10개를 제작하였다.

5. CAD/CAM 지르코니아 코어의 제작

CAD/CAM 시스템인 Cercon[®]을 이용하여 석고 다이를 스캔하여 (Cercon[®] Eye; Dentsply International Inc., York, Pennsylvania, USA) 지르코니아 블록 (Cercon[®] Base; Dentsply International Inc., York, Pennsylvania, USA)을 절삭 (Cercon[®] Brain; Dentsply International Inc., York, Pennsylvania, USA) 가공, 소결 (Cercon[®] Heat; Dentsply International Inc., York, Pennsylvania, USA)하여 지르코니아 코어를 10개 제작하였다. 금속-도재관 코어와의 조건을 동일하게 부여하기 위해 지르코니아 코어 내부에 합착재 공간으로 40 μm의 간격을 부여하였다.

6. MAD/MAM 지르코니아 코어의 제작

복제된 석고 다이에 합착재 공간을 위해 die spacer를 금속-도재관 코어와 같은 방법으로 도포하고, 광중합 레진 코핑을 제작하였다. 제작된 레진 코핑에 대해 복제·절삭 방식으로 MAD/MAM 시스템 3종 (Ceramill[®], Rainbow[™], Zirkozhan[®])에 대해 각각 10개의 지르코니아 코어를 제작하였다. 원본 레진치에서 초경석고 다이를 복제하는 과정에서의 오차를 배제하기 위해 CAD/CAM, MAD/MAM 시스템 모두 각각의 석고 다이에 대해 개별적으로 지르코니아 코어를 제작하였다.

7. 코어의 합착

Panavia F 2.0 (Kuraray CO., LTD., Tokyo, Japan)를 사용하여 50개의 코어를 제조사의 지시에 따라 개별 석고 다이에 합착하였다.

8. 변연 간격의 측정

코어가 합착된 상태에서 순측, 근심측, 원심측, 구개측 총 4부위의 지점을 광학현미경 (Axio Imager.A1m, Zeiss co., Oberkochen, Germany)을 이용하여 50배율로 관찰하였다. 광학현미경에 연결된 카메라를 이용하여 확대된 변연부 형상을 캡처하고, 절대 변연 오차를 측정하였다. 순측 및 구개측은 각각 15포인트 측정하였고, 근심측과 원심측은 각각 10포인트를 측정하여, 각 시편당 측정점은 총 50 포인트가 되도록 하였다.

9. 통계 처리

통계 처리는 SPSS for Windows 12.0 (SPSS Inc., Chicago, Illinois, USA)을 이용하였다. 제작 방법에 따른 코어의 변연 적합도는 신뢰구간 95% 수준으로 one-way ANOVA test를 시행하여 유의차를 알아보았고, Tukey HSD test로 사후검정 하였다.

결과

금속-도재관, Cercon[®], Ceramill[®], Rainbow[™], Zirkozhan[®] 각각의 시스템으로 제작된 코어의 현미경 관찰 사진을 Fig. 1에 나타내었다. 각각의 사진은 현미경 50배율로 관찰되었다.

Table I. Category of core material

Group	System
Metal-ceramic	Goldenian [®] P-86 (Shinhung Inc., Seoul, South Korea)
CAD/CAM zirconia	Cercon [®] (Dentsply International Inc., York, Pennsylvania, USA)
MAD/MAM zirconia	Ceramill [®] (AmannGirbach GmbH, Pforzheim, Germany)
MAD/MAM zirconia	Rainbow [™] (Dentium, Co. Inc., Seoul, South Korea)
MAD/MAM zirconia	Zirkozhan [®] (Zirkozhan GmbH, Gais, Italy)

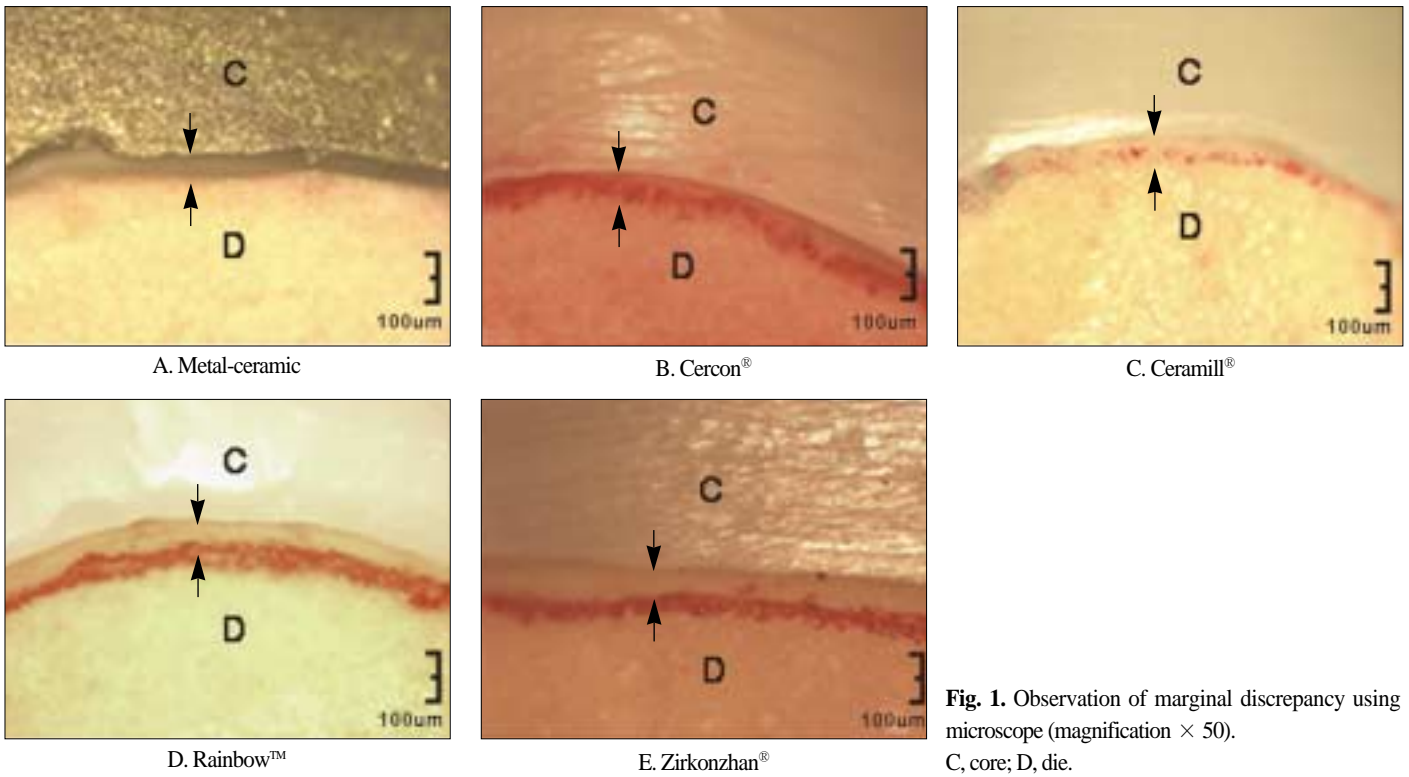


Fig. 1. Observation of marginal discrepancy using microscope (magnification × 50). C, core; D, die.

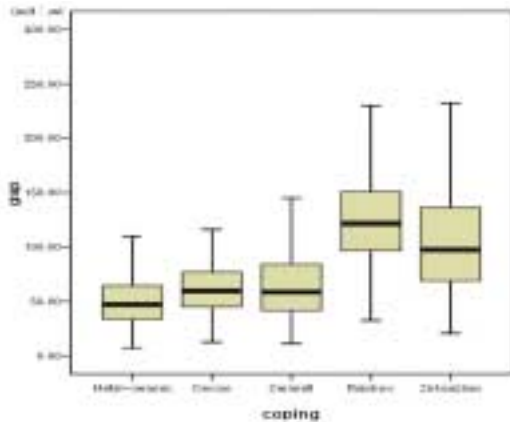


Fig. 2. Means and standard deviation of marginal gap in each system (unit : µm).

Table II. Means and standard deviations of marginal gap (unit : µm)

System	Measuring points	Mean (SD)
Metal-ceramic	500	51.97 (23.38) ^a
Cercon®	500	62.16 (25.88) ^b
Ceramill®	500	67.64 (40.38) ^b
Rainbow™	500	125.07 (42.19) ^d
Zirkozhan®	500	105.02 (44.61) ^c

*Means followed by distinct lower case letters are significantly different at $\alpha = .05$.

각 시스템에서 변연 간격의 평균과 표준 편차는 금속-도재 관에서 $51.97 \pm 23.38 \mu\text{m}$, Cercon®에서 $62.16 \pm 25.88 \mu\text{m}$, Ceramill®에서 $67.64 \pm 40.38 \mu\text{m}$, Rainbow™에서 $125.07 \pm 42.19 \mu\text{m}$, Zirkozhan®에서 $105.02 \pm 44.61 \mu\text{m}$ 로 나타났다 (Table II & Fig. 2).

이들 각 시스템간의 비교를 위해 one-way ANOVA test를 시행

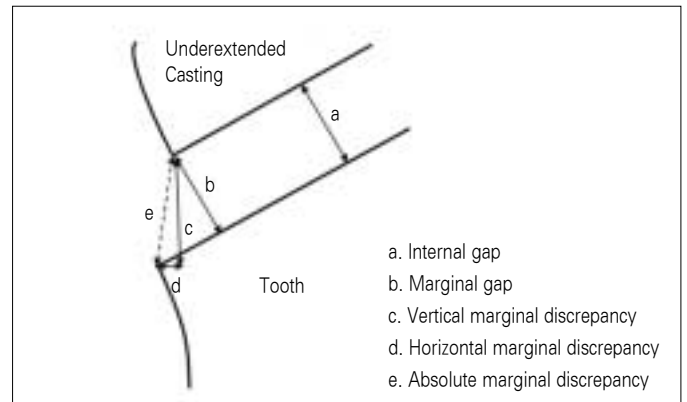


Fig. 3. Casting misfit terminology - cited from the study of Holmes *et al.* (1989).

Table III. One-way ANOVA test

Source	Sum of squares	DF	Mean squares	F	P
Model	1942920.7	4	485730.167	367.024	0
Error	3301956.7	2495	1323.43		
Corrected Total	5244877.4	2499			

한 결과는 Table III으로 정리하였다. 통계학적 분석 결과 각 시스템간의 유의한 차이가 존재하였고, 이를 검정하기 위해 Tukey's HSD (Honestly Significant Difference) test를 시행한 결과, 전체 5가지 시스템은 4가지 부류로 분류되었고, Cercon®과 Ceramill®시스템간에는 유의차가 없는 것으로 나타났다 (Table II).

고찰

수복물은 기능과 심미성의 조화를 이루기 위해서 변연 적합성, 구조적 견고성, 구강내 색조 안정성 등의 여러 가지 요건을 갖추어야 한다. 그 중에서도 변연 적합도는 수복물을 평가하는 데 있어서 일차적으로 고려되는 항목이다. 변연 적합도가 좋을수록 이차적인 치아 우식증과 변연 주위의 치태 축적에 의한 치주염 발생을 방지할 수 있다. 따라서 임상적 적용을 위해서는 변연 적합도에 대한 평가가 선행되어야 하고, 그 평가 기준이 개연성을 갖기 위해서는 변연부에서의 측정 기준, 측정시의 실험 방법, 유의성을 갖기 위한 측정점의 수 등이 고려되어야 한다.

수복물의 적합도에 관한 측정 기준에 대한 정의는 여러 연구에서 각기 다르지만, Holmes 등⁸은 지대치의 측면에서부터 수복물의 내면까지의 수직 거리를 내부 간격 (internal gap), 특히 변연부에서의 이 거리를 변연 간격 (marginal gap)이라고 정의하였다. 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 (Fig. 3).

또한 측정시의 실험 방법에 대한 실험 설계를 고려해야 한다.³ 자연치는 그것을 보관하는 여건과 발치 후 경과 시간에 따라 물리적인 성질 변화가 발생하여 시편의 동일성을 이루기 어려운 측면이 있고, 동일한 상태의 다수 시편을 확보할 수 없다.^{9,10} 따라서 대부분의 변연 간격 측정 연구에 있어서, 자연치 대신 모형치를 사용 하게 되고, 하나의 주모형을 복제해서 여러 개의 시편을 제작하여 변연 간격을 측정하게 된다. 변연 적합도를 측정하는 방법에 대해서는, Sorensen¹¹은 직접 관찰하는 방법, 절단 후 관찰하는 방법, 인상 채득으로 평가하는 방법, 탐침으로 평가하는 방법 등을 제시하였다. 이번 연구에서는 변연을 직접 관찰하는 방법을 택하였는데, 그 근거로 Leong D 등¹²은 금속으로 제작된 경우에도 절단하는 것 자체가 변연을 변형시킬 가능성이 있다고 하였고, Moon 등¹³은 절단하여 보는 것이 가장 정확한 방법이나 측정 부위를 늘리는 것이 어렵고, 인상채득으로 평가하는 방법과 탐침으로 평가하는 방법은 정확도가 낮다고 하였다. 반면 현미경으로 직접 보는 방법은 반복 측정이 가능하고 측정 부위를 늘릴 수 있는 장점이 있다.

마지막으로 변연 간격의 계측값이 의미를 갖기 위해서는 측정점의 개수도 고려되어야 한다. 한 시편에 대해 적은 측정점을 적용하면 간편하고 빨리 측정할 수 있는 반면에 측정 부위에 따른 결과치의 변위가 커져 일반화하기 힘들고, 많은 측정점을 적용하면 시편의 변연 간격에 대한 일반성은 갖기 쉬우나 시간 소모가 많게 된다. 이에 대해 Cassino 등¹⁴은 변연 간격 분석을 위한 최소 측정 회수는 18회라고 하였고, Groten 등¹⁵은 변연을 따라 약 50회 이상 측정할 경우, 임상적으로 적절한 정보를 얻을 수 있으며, 무작위로 변연 위치를 선택하나, 500 μm 간격으로 변연 위치를 선택하나에 관계없이 일관적인 값을 갖는다

고 하였다.

이상과 같은 연구들을 바탕으로 본 연구에서는 자연치 대신 동일 조건의 다수 시편 제작이 가능한 레진 모형치를 전부 도재관 제작을 위한 형태로 삭제한 다음, 이를 복제해서 사용하였으며, 계측 방법으로는 간편하고 반복 측정 가능한 직접 평가 방법을 택하였다. 변연 측정점의 개수는 Groten 등의 연구에 따라 순측 15개, 구개측 15개, 근심측 10개, 원심측 10개, 총 50개의 측정점에 대해서 절대 변연 오차를 계측함으로써 제작된 코어의 변연 적합도를 평가하였다.

본 연구에 사용된 재료나 실험 방법의 설계는 앞서 기술한 바대로 결정하였으나 이런 방법으로 측정된 결과치가 임상적으로 허용 가능한 범위에 속하는 지, 그 기준에 대해 판단해 볼 필요가 있다. Christensen¹⁶은 금 인레이에 대한 연구에서 치과 의사가 인접면에서의 변연 이상 유무에 대해 119 μm 까지 허용하는 판정을 내리는 경우가 있었으며, 교합면에서 허용되는 변연 간격은 대략 39 μm 이라 하였다. 이에 대해 Moon 등¹³은 Christensen이 제시한 변연 적합도는 치과 의사가 변연부를 이상이 없다고 판단하는 수치일 뿐, 이 정도의 변연 이개가 임상적으로 문제를 일으키지 않는 지에 대한 판단 기준으로는 부적당하다고 하였다. Palomo와 Peden¹⁷은 잘 제작된 경우라도 치관이나 금 인레이 변연 사이에는 74 μm 정도의 간격이 있으며 이러한 부분이 미생물의 증식 부위가 되어 치주 질환을 일으킨다고 하였다. 그리고 Molin 등¹⁸은 레진 시멘트로 합착시 50 - 100 μm 가 적절한 변연 간격이라고 보고하였다. McLean과 Von Fraunhofer¹⁹은 제작 시점으로부터 5년 이상된 구강내 1000개의 수복물에 대한 연구에서, 100 μm 정도의 변연 불일치는 임상적으로 거의 문제를 일으키지 않으며, 임상적으로 허용할 수 있는 최대 변연 간격은 120 μm 라고 하였다. Kydd 등²⁰은 치주질환으로 발치된 치아에 대한 변연 누출 연구에서 74 μm 의 시멘트 피막 후경과 평균 432 μm 의 미세 누출 지수, 변연 간격이 244 μm 인 경우에도 20년 이상 수복물이 사용되었다고 보고하였다. 종합적으로 고려해 본다면, 수복물의 변연부 적합도에 대해 절대적인 기준을 제시해 주는 연구는 없다. 하지만 변연 적합도가 정밀할수록 변연 누출, 치태 축적의 가능성이 감소할 것이라는 예상을 할 수 있으며, 이와 같은 근거로 인해 치과 의사는 조금이라도 더 정밀한 변연을 갖는 수복물을 제작하기 위한 노력을 지속해야 할 것으로 생각된다.

이번 연구에서 각 시스템의 절대 변연 오차가 평균값 기준으로 51.97 - 125.07 μm 로 측정되었으며, 이러한 결과치만 고려한다면 임상적으로 허용될 만한 범위 내에 있다고 할 수 있겠다. 다만, 각 시스템에 대한 측정치의 변위를 고려하여 200 μm 가 넘는 간격도 존재하였던 것을 감안한다면 임상적으로 적용시 안정적인 결과를 얻을 수 있다고 일반화하기에는 무리가 있을 것이다. 이와 같이 부위, 시스템에 따라 변연 간격의 큰 변위를 보이는 원인으로서는 지대치 형태 입력시의 오차, 일차적인 코핑 제작시의 오차, 지르코니아 가공상의 오차, 지르코니아의 소결 과정의 수축, 제작자 간의 숙련도 차이 등을 고려해 볼 수 있

겠다. 먼저 지대치 형태 입력시의 오차로는 CAD/CAM 시스템의 경우에서 구강내의 삭제된 지대치를 직접 스캔하는 방식도 있고, 석고 모형을 제작한 후 이를 촬영하여 입력하는 간접적인 방식이 있는데, 이런 입력 과정상에서 재현되는 정밀도가 변연 간격에 영향을 미칠 수 있다. MAD/MAM 시스템의 경우 지대치 석고 모형 상에서 일차적인 레진 코핑을 형성하고, 이것을 복제·절삭하는 방식으로 지르코니아 코어를 제작하게 되는데, 이 과정에서 레진 코핑의 정확도에 따라 최종 제작된 수복물의 정밀도도 결정이 된다고 할 수 있다. 두번째로 지르코니아 코어 가공 과정 상의 오차도 고려되어야 하는데, 순수한 지르코니아에 구조안정화제의 Y₂O₃를 첨가하여 제조된 Yttria-stabilized Tetragonal Zirconia Polycrystals (Y-TZP)는 기계적 강도와 체적 안정성, 내구성 면에서 다른 어떤 도재관 재료보다 단단하여 구조, 열가압 등의 성형이 쉽지 않다.²¹ 따라서 지르코니아 코어는 절삭가공, 전기방전가공, 소결가공 등에 의해 가공되며, 대부분의 제작 시스템은 초경절삭공구를 사용하는 절삭가공방식을 택하고 있다.²² 이러한 절삭 과정 중 절삭공구의 형태에 결함이 있거나, 공구의 마모, 다이아몬드 입자의 탈락 등에 의해 오차가 발생할 수 있다. 세번째로 고려할 것은, 지르코니아 수복물의 제작과정에서 green body 상태의 블록을 절삭한 후 소결하는 과정에서 15-30% 정도 길이, 너비, 높이의 수축이 일어나게 되는데 이를 예상하여 절삭은 더 큰 부피로 제작을 하지만, 소결 후의 실제 수축량이 예상과 다른 경우 오차가 발생하게 된다. 본 연구에서도 통상의 방법으로 제작한 금속-도재관 코어에 비해 지르코니아 코어가 더 큰 변연 간격을 보인 것으로 보아 절삭시의 오차나 소결시의 체적 변화의 영향을 간접적으로 확인할 수 있었다. 지르코니아 코어 중에서도 CAD/CAM 방식인 Cercon[®]이 MAD/MAM 방식보다 적합도가 양호하게 나왔고, 같은 MAD/MAM 방식이지만 3종의 서로 다른 시스템으로 제작된 코어의 절대 변연 오차가 차이가 큰 값을 갖는 것으로 볼 때, 제작자의 숙련도나 시스템 자체의 정밀도 또한 변연부 정밀성에 영향을 준다고 할 수 있겠다.

CAD/CAM으로 제작한 보철물의 변연 적합에 대해서는 많은 연구가 이어지고 있다. Tinschert 등²은 President DCS 시스템에서 가공한 전부 도재관의 평균 변연 간격을 60.5 - 74 μm라고 보고하였고, Sulaiman 등²¹은 Procera로 가공한 보철물의 변연 간격을 83 μm라고 보고하였으며, Denissen 등²³은 CICERO, CEREC, 그리고 Procera 코어의 변연 간격을 각각 74 ± 15, 85 ± 40, 68 ± 53 μm라고 보고하였다. Valderrama 등²⁴은 구조 금속-도재관과 방전가공된 티타늄관의 변연 적합에 관한 비교 연구에서, 금속-도재관에서 47 ± 17 μm를 티타늄관에서 61 ± 34 μm의 변연 적합을 얻었으며 유의한 차이는 없다고 하여 CAD/CAM에 의해 제작된 보철물의 변연 적합이 구조법의 수준에 도달하였음을 보고하였다.

선학들의 연구와 같이 이번 연구에서도 CAD/CAM으로 제작된 지르코니아 코어의 변연 적합도는 우수한 결과를 얻었다. 하지만, MAD/MAM으로 제작된 코어는 절대 변연 오차가

큰 변위를 갖는 결과가 나타나, 정밀하게 제작할 수 있다는 가능성을 확인한 반면, 수작업으로 지르코니아 코어 제작을 제어함으로써 컴퓨터를 이용하는 것에 비해 균일성이 떨어지는 것을 알 수 있었다. 스캔, 가공 장비 설치 비용을 절감하면서도 지르코니아 코어를 제작할 수 있는 MAD/MAM 시스템은 보다 경제적이고 정밀하면서도 균일한 품질의 결과물을 안정적으로 제작할 수 있도록 보완책을 마련해야 할 것이다. 이를 위해 가공기계의 정밀성과 기계 조작에 대한 숙련이 요구되고, 절삭 공구의 예리함과 정밀성을 높이기 위한 노력이 계속되어야 할 것이다. 또한 Y-TZP의 소결 후 수축에 대한 대비와 도재 축성 후의 변화에 대한 연구가 더 필요할 것으로 사료된다.

결론

기능과 심미를 충족시킬 대안으로 지르코니아를 이용한 전부 도재 수복물이 이용되고 있다. 지르코니아 자체의 강성 때문에 특수한 공구를 이용한 절삭 과정이 필요하며, 이 과정을 컴퓨터로 제어하는 시스템 (CAD/CAM)과 수작업으로 제어하는 시스템 (MAD/MAM)이 개발되었다. MAD/MAM 시스템의 임상적 적용을 위한 변연부 정밀도 측정을 위해 실험을 진행하였고, 본 연구의 제한점 안에서 다음과 같은 결과를 얻었다.

1. 코어의 절대 변연 오차 측정값은 각각의 군에서 통법 제작된 금속-도재관 코어 (51.97 ± 23.38 μm), Cercon[®] (62.16 ± 25.88 μm), Ceramill[®] (67.64 ± 40.38 μm), Zirkonzhan[®] (105.02 ± 44.61 μm), Rainbow[™] (125.07 ± 42.19 μm)의 결과치가 측정되었다
2. MAD/MAM 시스템 내에서의 비교 결과, 제작된 지르코니아 코어 제작 시스템에 따라 Ceramill[®], Zirkonzhan[®], Rainbow[™] 순으로 유의차가 있었다 (P < .05).
3. CAD/CAM 방식인 Cercon[®]과 MAD/MAM 방식인 Ceramill[®]로 제작된 지르코니아 코어의 변연 간격은 유의차가 없었다 (P > .05).

참고문헌

1. Seghi RR, Sorensen JA. Relative flexural strength of six new ceramic materials. *Int J Prosthodont* 1995;8:239-46.
2. Tinschert J, Natt G, Mautsch W, Spiekermann H, Anusavice KJ. Marginal fit of alumina-and zirconia-based fixed partial dentures produced by a CAD/CAM system. *Oper Dent* 2001;26:367-74.
3. Yang JH, Yeo YS, Lee SH, Han JS, Lee JB. Marginal fit of Celay/In-ceram, conventional In-ceram and Empress 2 All-ceramic single crowns. *J Korean Acad Prosthodont* 2002;40:131-9.
4. Rekow ED. High-technology innovations—and limitations—for restorative dentistry. *Dent Clin North Am* 1993;37:513-24.
5. 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.

6. Gardner FM. Margins of complete crowns—literature review. *J Prosthet Dent* 1982;48:396-400.
7. Kim DK, Cho IH, Lim JH, Lim HS. On the marginal fidelity of all-ceramic core using CAD/CAM system. *J Korean Acad Prosthodont* 2003;41:20-34.
8. Holmes JR, Bayne SC, Holland GA, Sulik WD. Considerations in measurement of marginal fit. *J Prosthet Dent* 1989;62:405-8.
9. Carter JM, Sorensen SE, Johnson RR, Teitelbaum RL, Levine MS. Punch shear testing of extracted vital and endodontically treated teeth. *J Biomech* 1983;16:841-8.
10. Strawn SE, White JM, Marshall GW, Gee L, Goodis HE, Marshall SJ. Spectroscopic changes in human dentine exposed to various storage solutions—short term. *J Dent* 1996;24:417-23.
11. Sorensen JA. A standardized method for determination of crown margin fidelity. *J Prosthet Dent* 1990;64:18-24.
12. 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.
13. 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.
14. Groten M, Axmann D, Pröbster L, Weber H. Determination of the minimum number of marginal gap measurements required for practical in-vitro testing. *J Prosthet Dent* 2000;83:40-9.
15. Gassino G, Barone Monfrin S, Scanu M, Spina G, Preti G. Marginal adaptation of fixed prosthodontics: a new in vitro 360-degree external examination procedure. *Int J Prosthodont* 2004;17:218-23.
16. Christensen GJ. Marginal fit of gold inlay castings. *J Prosthet Dent* 1966;16:297-305.
17. Palomo F, Peden J. Periodontal considerations of restorative procedures. *J Prosthet Dent* 1976;36:387-94.
18. Molin MK, Karlsson SL, Kristiansen MS. Influence of film thickness on joint bend strength of a ceramic/resin composite joint. *Dent Mater* 1996;12:245-9.
19. McLean JW, von Fraunhofer JA. The estimation of cement film thickness by an in vivo technique. *Br Dent J* 1971;131:107-11.
20. Kydd WL, Nicholls JI, 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. 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.
22. Shin HS, Kim SG. Comparison of marginal fit before and after porcelain build-up of two kinds of CAD/CAM zirconia all-ceramic restorations. *J Korean Acad Prosthodont* 2008;46:529-34.
23. Denissen H, Dozić A, van der Zel J, van Waas M. Marginal fit and short-term clinical performance of porcelain-veneered CICERO, CEREC, and Procera onlays. *J Prosthet Dent* 2000;84:506-13.
24. Valderrama S, Van Roekel N, Andersson M, Goodacre CJ, Munoz CA. A comparison of the marginal and internal adaptation of titanium and gold-platinum-palladium metal ceramic crowns. *Int J Prosthodont* 1995;8:29-37.

Marginal fidelity of zirconia core using MAD/MAM system

Dong-Rim Kang, DDS, June-Sung Shim, DDS, PhD, Hong-Suk Moon, DDS, PhD, Keun-Woo Lee*, DDS, PhD

Department of Dentistry, Graduate School, Yonsei University, Seoul, Korea

Purpose: The purpose of this study was to evaluate the fit of zirconia core using MAD/MAM system comparing to that of conventional metal-ceramic and CAD/CAM system. **Materials and methods:** Duplicating the prepared resin tooth, 50 improved stone dies were fabricated. These dies are classified as a group of 5 to create the core. The groups were composed of metal-ceramic, Cercon[®], Ceramill[®], Rainbow[™], and Zirkonzhan[®]. Each core was cemented to stone die, and then, absolute marginal discrepancy was measured with microscope at a magnification of $\times 50$. Statistical analysis was done with one-way ANOVA test and Tukey's HSD test. **Results:** The mean absolute marginal discrepancy for metal-ceramic was $51.97 \pm 23.38 \mu\text{m}$, for Cercon[®] was $62.16 \pm 25.88 \mu\text{m}$, for Ceramill[®] was $67.64 \pm 40.38 \mu\text{m}$, for Rainbow[™] was $125.07 \pm 42.19 \mu\text{m}$, and for Zirkonzhan[®] was $105 \pm 44.61 \mu\text{m}$. **Conclusion:** 1. Fit of margin was identified as in the order of metal-ceramic, Cercon[®], Ceramill[®], Zirkonzhan[®], and Rainbow[™]. 2. Absolute marginal discrepancy of the zirconia core that designed by MAD/MAM system had significant differences in order of Ceramill[®], Zirkonzhan[®], and Rainbow[™]. 3. The mean absolute marginal discrepancy between Cercon[®] and Ceramill[®] did not show significant differences. (*J Korean Acad Prosthodont 2010;48:1-7*)

Key words: Zirconia, core, MAD/MAM, Marginal discrepancy

*Corresponding Author: Keun-Woo Lee

Department of Prosthodontics, College of Dentistry, Yonsei University, 250 Seongsanno, Seodaemun-gu, Seoul, 120-752, Korea

+82 2 2228 3158; e-mail, kwlee@yuhs.ac

Article history

Received 15 October, 2009/ Last Revision 30 December, 2009/ Accepted 15 January, 2010