

CAD/CAM으로 제작된 지르코니아 코어의 지대치 형태에 따른 변연 및 내면 적합도에 관한 연구

김지수¹ · 류재경^{2*}

¹신한대학교 대학원 보건기술융합학과

²신한대학교 치기공학과

1. 서론

치과영역에서 CAD/CAM은 컴퓨터로 형태를 디자인하고, 디자인된 형태를 다시 컴퓨터를 이용하여 데이터화 하고, 절삭기로 데이터를 전송하여 가공하는 기술을 말한다¹⁾. CAD/CAM 시스템으로 인해 보철물 제작시간이 단축되었고, 이전과 다르게 여러번의 인상과 가공과정을 단축시킴으로 발생하는 오차도 점차 줄어들게 되었다. 사람의 손으로 제작되는 아날로그 방식인 왁스소환-주조법(lost-wax casting technique)은 작업자의 숙련도에 의해 보철물 질적차이가 발생하고, 일관성있는 보철물을 제작하기 어렵다²⁾. 이러한 단점의 대안으로 CAD/CAM은 구강데이터를 통하여 가공과정을 단축시키고 보철물의 표준화와 정밀함을 극대화시켜 보철물의 질과 재현성, 적합도를 높일 수 있다³⁾. CAD/CAM 시스템이 도입되어지고 나서는 metal뿐만 아니라 지르코니아 세라믹 재료까지 사용할 수 있게 되었다⁴⁾.

CAD/CAM이 보편화 되면서 최근 가장 선호도가 높은 보철물은 지르코니아가 되었다. 지르코니아는 '지르코늄'이라는 인공다이아몬드 재질을 가공하여 제작된다. 색상이 본래 치아와 유사해 심미적으로 우수하고, 고온에서의 내화학적 및 내열성, 고강도, 내마모성이 우수한 기계적 성질과 생체 적합성을 가지고 있어 금속을 대체할 수 있는 재료로 인식되고 있다⁵⁾. 지르코니아는 통상적인 도재 수복물 제작방법으로는 가공이 어려워 CAD/CAM 시스템으로 제작되고, 밀링가공에 있어서 고품질의 공정에서는 균일한 결과를 얻을 수 있다⁶⁾. 따라서 전통적인 도재 수복물의 제작 과정에서 발생하는 변형문제가 해결되고, 설계단계에서 합착재를 위한 공간이나 수복물의 두께 및 외형을 정확히 조절할 수 있다⁷⁾. CAD/CAM은 스캔파일에서 수복물을 설계하고 제작하기 때문에 제작비용과 시간을 단축시킬 수 있고 수정 및 추후 재제작이 용이하다⁸⁾. 반면에 지대치의 스캔 과정과 밀링 가공 시 오차 보상을 위한 소프트웨어 및 가공 정확도 등에 의해 변연 적합도가 달라질 수 있는 단점이 있다⁹⁾. 적합도가 좋지 않으면 치태의 축적 원인이 되고 치주질환, 치아 우식증을 일으키면서 보철물의 실패 원인이 된다. 이론적으로 변연간극은 20~50 μ m이지만, 임상적으로는 100~120 μ m 정도는 수용할 만한 범위에 있다고 보

접수일: 2022년 5월 16일 최종수정일: 2022년 6월 7일

게재 확정일: 2022년 6월 7일

교신저자: 류재경, (11644) 경기도 의정부시 호암로 95

신한대학교 기도관 4층 치기공학과

Tel: 031-870-3420

E-mail: wltn1246@naver.com

고되고 있다¹⁰⁾. 적합도는 보철물과 지대치와의 간격을 의미하며, 결과적으로 적합도가 우수한 보철물이 구강 내에서 수명이 길어지게 된다¹¹⁾. 보철물 내부의 정확도는 내면의 조정 양에 따라 변화의 폭이 크다. 보철물의 내부에 빈공간이 있더라도 시멘트와 같은 접착제로 채워져 문제가 없다고 생각하지만 과도한 양의 시멘트는 교합압과 반복적인 하중으로 인해 보철물에 균열이나 파절이 일어난다¹²⁾.

이에 본 연구는 CAD/CAM 시스템으로 제작된 보철물이 임상적으로 허용이 가능한 범위내에서 제작이 되었는지 알아보고자 하여 술자가 원하는 임상적으로 허용가능한 내면값을 설정하여 코핑을 디자인하였다. 그리고 프로그램으로 코핑을 제작하고 앞선 선행연구들에서 사용했던 silicone replica technique을 이용하여 광학 현미경으로 측정하는 방법들과는 달리 CAD/CAM 시스템을 이용하여 내면값을 측정하여 임상적 성과예측에 사용하고자 한다.

2. 연구대상 및 방법

2.1. 지대치 시편 선정

심미적으로 중요한 전치부는 중절치 시험편과 교합의 하중을 많이 받는 구치부중에서는 제1대구치를 시편으로 선정하였다.

2.2. 복제모형 제작 및 코핑 제작

실리콘 인상재[Degufom, (주)텐즈플라이코리아, Germany]를 이용하여 지대치 시편을 복제하여 몰드를 제작하고, 초경석고[snow rock, (주)디케이문교, Korea]를 사용하여 각 시편당 10개씩 총 20개를 제작하였다. 실리콘 인상재와 초경석고는 각 제조사가 지시한 혼수비로 진행하여 총 20개의 시편을 제작하였다(Fig. 1). 시편을 치과용 스캐너(3shape, Denmark)로 스캔하여 디자인하고, 코핑의 최소 두께는 0.5mm, 내면 cement gap은 0.05mm(50마이크로미터)로 하였고 한계선까지 거리는 1.00mm로 하였다.

디자인이 완료된 파일을 밀링머신(MANIX ZX-5SD, Korea)을 이용하여 반 소결 상태인 지르코니아 블록(YESBIO, Smart block2, Korea)을 절삭가공으로 밀링 후 신티어링 퍼니스[Tiger-speed SK12(GB-01), GMD Bio, Korea]에 최종 소결하여 코핑 20개를 완성하였다(Fig. 2).

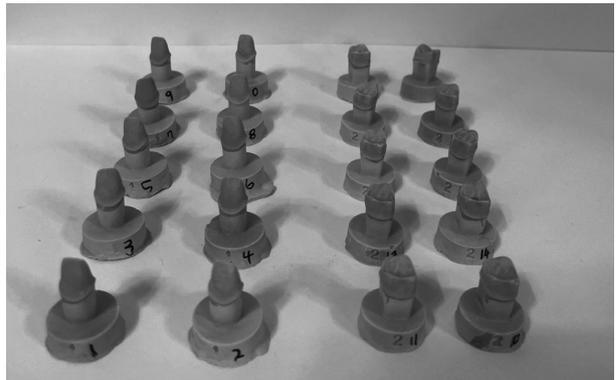


Fig. 1. The production of a test specimen

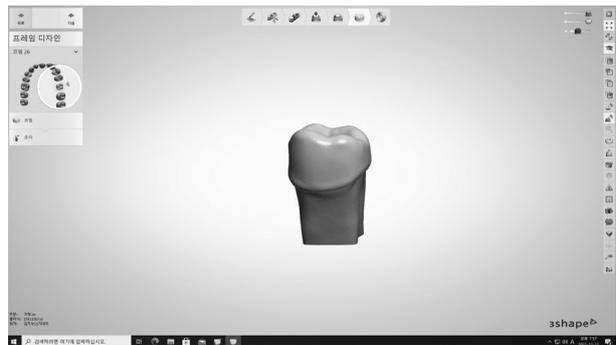


Fig. 2. Coping design

2.3. 내면 적합도 측정

Silicone replica technique 방법으로 제작이 완료된 지르코니아 코핑 내면에 light body silicone(Dusil light body, BUKWANG Dental, Korea)을 채운 후 지대치 시편에 압박하고 완전히 굳을 때까지 기다린 후 코핑을 제거했다. 시편 위에 있는 연질의 실리콘을 그대로 스캔하였고, 앞서 스캔한 코핑을 STL형식의 파일로 저장된 스캔데이터를 불러와 각 치아에 3점 포인트를 설정하여 병합해 3shape 프로그램의 '2D 교차분석'을 통해 실리콘 두께를 측정하였다. 측정부위는 전치부와 구치부의 측정 가능한 위치와 개수가 서로 달랐지

만 두 시편을 비교하고자 하는 목적으로 선행연구를 참고하여 전치부와 구치부 각 9개의 부위를 지정하여 측정하였다. 각 명칭은 절단면은 I(incisal), 교합면은 O(occlusion), 근심변연은 MM(mesial margin), 원심변연은 DM(distal margin), 순측변연은 LAM(labial margin), 협측변연은 BM(buccal margin), 설측변연은 LIM(lingual margin), 근심축벽은 MA(mesial axial wall), 원심축벽은 DA(distal axial wall), 순측축벽은 LAA(labial axial wall), 협측축벽은 BA(buccal axial wall), 설측축벽은 LIA(lingual axial wall), 협측축벽은 BA(buccal axial wall)로 지정하였다.

본 연구를 수행하는데 있어서 회수된 자료에 사용된 구체적인 실증분석방법은 시기에 따른 평균의 차이를 살펴보기 위하여 동일집단 평균 차이 검증인 paired T-test 검증을 실시하였다.

3. 연구결과

3.1. 지대치 형태에 따른 지르코니아 코핑 적합도 측정과 통계

캐드캠 시스템을 이용한 지대치 형태별 지르코니아 코핑을 지정한 9개의 부위를 모두 측정하였다(Fig. 3-4).

통계분석을 실시한 결과 'MM'의 경우 전치부 62.10, 구치부 58.30으로 전치부가 상대적으로 높게 나타났다. 'DM'의 경우 전치부 59.80 구치부 62.20으로 구치부가 상대적으로 높게 나타났다. 'LAM'의 경우 전치부 58.80, 'BM'의 경우 구치부 60.70으로 구치부가 상대적으로 높게 나타났다. 'LIM'의 경우 전치부 58.90,

구치부 60.40으로 구치부가 상대적으로 높게 나타났다. 'MA'의 경우 전치부 66.30, 구치부 69.30으로 전치부가 상대적으로 높게 나타났다. 'DA'의 경우 전치부 67.20, 구치부 70.50으로 구치부가 상대적으로 높게 나타났다. 'LAA'의 경우 전치부 68.40, 'BA'의 경우 구치부 68.90으로 구치부가 높게 나타났다. 'LIA'의 경우 전치부 67.10, 구치부 69.20으로 구치부가 상대적으로 높게 나타났다. 'I'의 경우 전치부 77.70, 'O'의 경우 구치부 76.20으로 전치부가 상대적으로 높게 나타났다(Table 1).

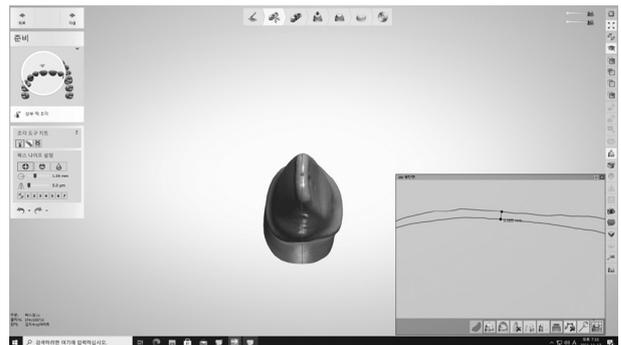


Fig. 3. Inner suitability of anterior region coping

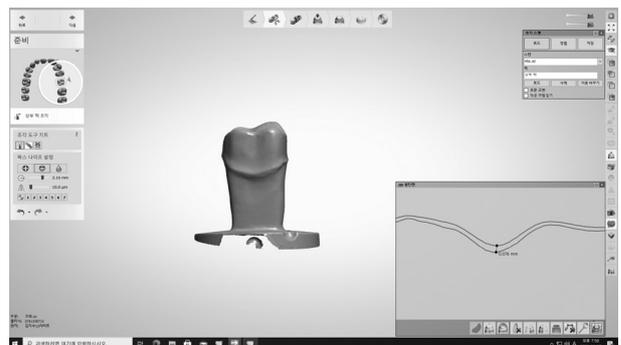


Fig. 4. Inner suitability of posterior region coping

Table 1. Measurement results of zirconia coping suitability

(n=10, 단위: μm)

| Sortation | | Average($;\mu\text{m}$) | Standard deviation |
|-----------|-----------|---------------------------|--------------------|
| MM | anterior | 62.10 | 5.38 |
| | posterior | 58.30 | 6.29 |
| DM | anterior | 59.80 | 6.39 |
| | posterior | 62.20 | 3.82 |
| LAM | anterior | 58.80 | 6.86 |
| BM | posterior | 60.70 | 4.74 |
| LIM | anterior | 58.90 | 6.52 |
| | posterior | 60.40 | 3.89 |
| MA | anterior | 66.30 | 3.23 |
| | posterior | 69.30 | 3.65 |
| DA | anterior | 67.20 | 3.99 |
| | posterior | 70.50 | 3.81 |
| LAA | anterior | 68.40 | 3.95 |
| BA | posterior | 68.90 | 5.59 |
| LIA | anterior | 67.10 | 2.64 |
| | posterior | 69.20 | 5.65 |
| I | anterior | 77.70 | 3.23 |
| O | posterior | 76.20 | 6.84 |

Table 2. Corresponding sample test

| | Correspondence difference | | | | t | df | p | |
|---------|---------------------------|--------------------|----------------------------|---------------------------------------|-------|--------|---|-------------|
| | Average | Standard deviation | Standard error of the mean | 95% confidence interval of difference | | | | |
| | | | | Lower bound | | | | Upper bound |
| MM | 3.800 | 8.337 | 2.636 | -2.164 | 9.764 | 1.441 | 9 | .183 |
| DM | -2.400 | 7.633 | 2.414 | -7.861 | 3.061 | -.994 | 9 | .346 |
| LAM,/BM | -1.900 | 7.125 | 2.253 | -6.997 | 3.197 | -.843 | 9 | .421 |
| LIM | -1.500 | 6.096 | 1.928 | -5.861 | 2.861 | -.778 | 9 | .456 |
| MA | -3.000 | 5.907 | 1.868 | -7.225 | 1.225 | -1.606 | 9 | .143 |
| DA | -3.300 | 6.219 | 1.967 | -7.749 | 1.149 | -1.678 | 9 | .128 |
| LAA/BA | -.500 | 8.330 | 2.634 | -6.459 | 5.459 | -.190 | 9 | .854 |
| LIA | -2.100 | 4.629 | 1.464 | -5.411 | 1.211 | -1.211 | 9 | .185 |
| O/I | 1.500 | 6.364 | 2.012 | -3.053 | 6.053 | .745 | 9 | .475 |

대응표본 T-test를 실시하여, 유의성 여부를 검증한 결과 유의한 차이를 보이는 변인은 없음을 알 수 있다 (Table 2).

4. 고찰

본 연구에서 지대치 형태에 따른 지르코니아 코어를 silicone replica technique을 이용해 CAD/CAM 시스템으로 내면 적합도를 측정, 비교함으로써 임상적으로 허용 가능한지를 연구해 보고자 하였다.

지대치에 대한 변연 또는 내면 적합도를 측정하는 실험적 방법으로 Sorensen은 직접 보는 방법, 절단하여 보는 방법, 인상을 채득하여 측정하는 방법, 탐침에 의한 시각적 관찰 등을 제시하였고, Molin과 Karlssone 등은 코어를 절단할 필요가 없고 측정 부위를 손쉽게 늘릴 수 있으며 반복적인 측정이 가능한 silicone replica technique 방법을 사용하였다¹³⁾. 기존 선행 연구들은 현미경을 통한 관찰이었지만, 본 연구에서는 CAD/CAM을 이용한 디자인 프로그램에서 석고시편과 실리콘깍을 측정한 시편을 병합하여 시편의 단면을 볼 수 있는 기능을 이용하여 측정하였다.

변연과 내면 적합도는 보철물의 수명과도 많은 연관이 있기 때문에 지대치와 보철물의 적절한 내면 적합도에 있어서 많은 선행 연구가 진행되고 있다. 만족할 만한 변연 적합도를 얻기 위해서는 이론적으로 20~50 μm 이지만, 임상적으로 허용 가능한 범위는 100~120 μm 이라고 보고되고 있다¹⁴⁾. 이에 본 연구는 임상적으로 허용 가능한 100~120 μm 의 기준으로 연구를 진행하였다.

모두 동일한 작업으로 50 μm 의 내면값으로 설정한 결과 근원심 협설(순설)의 변연은 전치부 평균 59.90 μm , 구치부 평균 60.40 μm 으로 측정되어 구치부가 더 크게 측정되었다. 표준편차는 전치부 6.28, 구치부 4.68로 측정되었다. 근원심 협설(순설)의 측벽은 전치부 평균 67.25 μm , 구치부 평균 69.25 μm 로 측정되어 구치부가 더 크게 측정되었다. 표준편차는 전치부 3.45, 구치부 6.38로 측정되었다. 절단면은 전치부가 77.70 μm , 교합면은 구치부가 77.60 μm 으로 측정되었으며 기존의 변연과 측벽에 비해 전치부가 좀 더 크게 측정되었다. 표준편차는 전치부 3.27, 구치부 6.84로 측정되었다. 처음 적용한 내면값으로 비교했을 때 전치부가 구치부 보다 좀 더 우수하게 나왔다. 지대치의 형태별로 지르코니아 코어 제작 시 서로 유의한 차이가 있는가에 대해 연구한 결과 선행연구에서 말하는 임상적 허용범위에는 전치부와 구치부 모두 충족시키는 것으로 측정되었다. 선행 연구와 비교했을 때 각 연구마다 측정 위치의 정의가 다르고 실험조건이 다르기 때문에 단순히 수치만으로 비교하는 것은 무리가 있다고 생각한다¹⁵⁾.

보철물의 적합도 연구 진행 시 각 사용하는 시편이 다르고 CAD/CAM으로 디자인 시 술자마다 설정하는 내면값이 다르기 때문에 연구마다 결과가 다르게 나온다. 밀링 시 사용하는 Tool의 종류도 다르고 신터링 시 각 제조사마다 지시하는 소결 스케줄이 있기 때문에 이에 관해서는 앞으로도 더 많은 연구가 진행되어야 한다고 생각한다.

5. 결론

본 연구는 지대치 형태에 따른 지르코니아 코핑을 제작하고 밀링 가공하여 제작하였고, 각 코핑의 적합도 측정 방법으로는 silicone replica technique을 이용해 CAD/CAM을 활용하여 디자인 프로그램에서 변연과 내면의 간격을 측정하였다.

변연과 측벽의 간격에서는 구치부가 더 크게 측정되었지만, 전치부와 구치부를 서로 비교했을 때 결과값에 큰 차이는 없었다. 두 지대치 형태 모두 임상적으로 허용 가능한 100~120 μm 를 넘지 말아야 하는 범위에는 모두 충족시켰다. 전체적으로 평균값의 차이가 크게 나지 않으므로 측정부의 결과는 모두 통계적으로 유의한 차이가 없었다($p > 0.05$).

CAD/CAM 시스템을 활용하여 제작된 지르코니아 코핑의 변연 및 내면 적합도는 임상에서 적용 가능한 결과값이 나타났다. 제작 시 적용한 값보다 다소 높게 측정되었지만, 임상적으로 적용하기에 적절하다고 판단되었다. 오차를 줄이고 정확도를 높이기 위해서는 보철물 제작 시 영향을 미치는 재료, 기계의 오차 등에 많은 연구가 필요할 것으로 판단된다. 본 연구를 바탕으로 임상에서 적용 시 내면값과 재료의 특성을 조절하여 제작하면 보철물의 완성도가 높아질 것으로 보인다.

ORCID ID

Jae-Kyung Ryu, <https://orcid.org/0000-0002-3950-3436>

Reference

- Ryu JW, et al. CAD/CAM at Digital Dentistry. Daehan Narae Publishing. Seoul, South Korea, 2017.
- Lee HS, Job satisfaction of dental technicians in CAD/CAM part and analog part. Unpublished Master's thesis, Dankook University. Cheonan, 2021.
- Song ES, et al. Survey study on the preference of dental medical personal for. dental CAD/CAM milling machines. JKAP 2018;56(3):188–198. <http://doi.org/10.4047/jkap.2018.56.3.188>
- Lee HS, et al. The study on marine discrepancy of manufactured coping crown according to production method and materials by using CAD/CAM system. JKAIS 2017;8(10):448–453. <https://doi.org/10.5762/KAIS.2017.18.10.448>.
- Jang SW, et al. Evaluation on the internal fitness of the zirconia prosthetic using dental CAD/CAM of treatment space. KJDM 2017;44(4):359–366. <http://dx.doi.org/10.14815/kjdm.2017.44.4.359>.
- Tinschert J, et al. Marginal fit of alumina- and zirconia-based fixed partial dentures produced by a CAD/CAM system. Oper Dent 2001;26(4):367–374.
- Kim WS. A comparison of the fidelity of various zirconia-based all-ceramic crowns fabricated with CAD/CAM systems. Unpublished doctoral dissertation, Korea University. Seoul, 2010.
- Jung SJ, et al. Comparative evaluation of marine and internal fit of metal copings fabricated by various CAD/CAM methods. Wonkwang University. Iksan, 2019.
- Shin MS, Lee HJ, Effect of additional firing process after insertion of monolithic zirconia crown on marine and internal fitness. JKAP 2019;57(4):321–327. <https://doi.org/10.4047//jkap.2019.57.4.321>.
- Yoon MJ, et al. Evaluation of marginal fit of monolithic zirconia restoration by digital impression. JKDA 2018;56(7):366–374. <http://doi.org/10.22974/jkda.2018.56.7.001>.
- Kim SC, et al. Internal fit of bridge patterns fabricated by a 3D printing technique. KJDM 2014; 41(4):239–244. <http://dx.doi.org/10.14815/kjdm.2014.41.4.239>
- Park SM. Comparison of fitness with CAD/CAM wax milling and 3D printing. Unpublished Master's thesis, Shinhan University, Uijeongbu, 2021.
- Roh HR, et al. Evaluation on the marginal fitness of zirconia core fabricated with CAD/CAM System. JKCA 2013;13(11):800–806. <http://dx.doi.org/10.5392/JKCA.2013.13.11.800>
- Kim KB, et al. Marinal adaptation of zirconium dioxide core according to the abortion teeth. J Dent Hyg Sci 2015;15(1):54–59. <http://dx.doi.org/10.17135/jdhs.2015.15.1.54>
- Kim SJ. A comparison of the fitness of the variable zirconia-based all-ceramic clouds fabricated with CAD/CAM systems. JKAP 2008;47(2):148–155. <http://dx.doi.org/10.4047/jkap.2009.47.2.148>

ABSTRACT

Marginal and internal fit according to the shape of the abutment of a zirconia core manufactured by computer-aided design/computer-aided manufacturing

Ji-Su Kim¹ · Jae-Kyung Ryu²

¹Department of Health Technology Convergence, Graduate School, Shinhan university

²Department of dental technology and science, Shinhan university

Background: In this study, zirconia copings were fabricated by setting clinically acceptable inner values for prostheses using computer-aided design/computer-aided manufacturing (CAD/CAM). The processed copings were evaluated for the marginal and internal fit of each abutment shape with a CAD program using the silicone replica technique.

Methods

A total of 20 copings was produced by selecting models commonly used in clinical practice. After injecting the sample, the minimum thickness, internal adhesion interval, and distance to the margin line were set to 0.5, 0.05, and 1.00 mm using a dental CAD program, respectively. It was measured using a 2D section function in a three-way program of the silicon replication technology. Although the positions and number of measurements of the anterior and posterior regions differed, nine parts of each pre-tube were designated and measured by referring to a previous study to compare the two samples.

Results

As a result, the average margin of the mesial, distal, and buccal (labial) surfaces was 59.90 μm in the anterior region and 60.40 μm in the posterior region. The mean axial wall margin was 67.25 μm in the anterior region and 69.25 μm in the posterior region. In occlusion, the anterior teeth (77.70 μm), posterior teeth (77.60 μm), and both anterior and posterior regions were within the clinically acceptable range.

Conclusion

The edge and inner fit of zirconia coping manufactured using the CAD/CAM system showed clinically applicable results. To reduce errors and increase accuracy, materials and machine errors that affect the manufacture of prosthetics should be investigated. Based on our results, the completeness of prosthetics could increase if the inner value and characteristics of the material are adjusted when applied in clinical practice.

Keywords: Zirconia, Copping suitability, CAD/CAM