

구강 내 스캐너를 사용하여 CAD/CAM으로 제작된 왁스 코핑의 적합도 평가

김동연, 정일도, 이재준, 김지환, 김명배*, 김웅철
고려대학교 대학원 보건과학과 치의기공전공, 대한 치과CAD/CAM기공 학회*

Evaluation of marginal and internal gap of wax coping fabricated by CAD/CAM system using intraoral scanner

Dong-Yeon Kim, Il-Do Jung, Jae-Jun Lee, Ji-Hwan Kim,
Myung-Bae Kim*, Woong-Chul Kim

Department of Dental Laboratory Science & Engineering, College of Health Science, Korea University
Korea academy of CAD/CAM Dental technology*

[Abstract]

Purpose: The aim of this study was to evaluate the marginal and internal gap of wax copings fabricated from extraoral scanning with intraoral scanning.

Methods: Fifteen study models(abutment of teeth 16) were made by PMMA. STL files of thirty abutment were prepared by intraoral scanning with extraoral scanning. Wax copings of thirty fabricated using CAD/CAM system. Marginal and internal gap of wax copings of thirty were measured by silicone replica technique and digital microscope(×140). Data were analyzed by using independent samples t-test.

Results: Mean (SD) of two group were measured 55.61(27.42) μm for totally gap of ES group and 60.67(33.14) μm for totally gap of IS group. But marginal and internal gap of two group were not differences statistically significant($p>0.05$).

Conclusion: Evaluation of marginal and internal gap of two group showed that no differences statistically significant and clinically acceptable results.

○Key words : marginal and internal gap, CEREC AC Omnicam, intraoral scanning, extraoral scanning, CAD/CAM system, wax coping

| | | | | | | | |
|------|--------------|--|-----|---------------|--------|---------------------|------------|
| 교신저자 | 성명 | 김 웅 철 | 전화 | 010-8257-8592 | E-mail | kuc2842@korea.ac.kr | |
| | 주소 | 서울시 성북구 안암로 145 고려대학교 일반대학원 보건과학과 치의기공전공 | | | | | |
| 접수일 | 2014. 12. 31 | | 수정일 | 2015 3. 25 | | 확정일 | 2015 3. 27 |

I. 서 론

치과 CAD/CAM(Computer Aided Design/Computer Aided Manufacturing) 시스템에 있어서 3차원의 구강 형상을 획득해내는 스캐닝은 매우 중요한 단계이다. 최근 인상 부분에서의 스캐닝 방법은 구강 외 스캐닝 방식에서 구강 내 스캐닝 방식으로 전환되고 있다(Perakis et al, 2004; Ende A & Mehl A, 2013).

구강 외 스캐닝 방식은 모델 스캐너를 통해 진행하기 때문에 스캔 모형을 제작하기까지의 단계가 더 추가됨으로써 인상재와 초경석고의 수축, 팽창, 뒤틀림 등의 현상에 의해 오차가 증가 될 수가 있다(Eames WB et al, 1979; Christensen GJ, 2008). 그러나 구강 내 스캐닝 방식이 소개되면서 이러한 단점들을 해결할 수 있게 되었다.

최근 구강 내 방식의 스캐너는 대표적으로 Cerec AC, Lava Chairside Oral scanner, E4D Dent, iTero를 주로 사용하고 있다(Pradies G et al, 2015). 이러한 방식은 구강 내에서 치아 표면을 직접적으로 캡처하여 디지털 인상을 얻음으로써 현재 치과기공소 등에서 시행되고 있는 오차와 관련된 문제점을 최소화 할 수가 있다(Schoenbaum TR, 2010; Patzelt SB et al, 2013). 하지만 구강 내 스캐닝 방식은 제한된 구강 내에서 정확한 포커스를 얻기 위하여 치아 위에 부피가 큰 카메라 wand를 위치시키기 때문에 환자가 불편함을 호소하는 문제점이 있다. 또한 구강 내 습기, 타액 등과 같은 복잡한 환경적인 요인으로 인해 스캔 노이즈가 생기는 문제로 스캔 데이터의 정밀도(정확성)가 떨어지는 단점 등도 존재한다(Logozzo S et al, 2014).

앞서 언급한 구강 내 인상 채득의 제한 요소뿐만 아니라 구강 외 인상의 불완전한 치수의 안정성, tray로부터 국소적이거나 광범위한 인상의 분리, 구강 내에 비해 상대적으로 긴 기공물의 작업절차 등과 같은 제한요소들도 수복물의 적합도에 영향을 미칠 것이다(Al-Bakri I et al, 2006; Christensen GJ, 2008; Guth JF et al, 2013). 실제로 구강 내 적합도가 우수하면 수복물이 장기적으로 제 기능을 할 수 있으나, 그렇지 못하면 2차 치아우식증, 치주질환 등이 발생할 수가 있다(Felton D et al, 1991). 이는 수복물의 적합도가 구강 내 최종 수복물의 성패를

좌우하는 중요 요인을 반증하는 것이라고 할 수 있다.

이러한 인상 방식에 대해서 많은 연구들이 제시되어왔는데 그 중 몇몇 연구에서는 3차원 분석을 이용한 구강 내 인상과 구강 외 인상의 정확도 비교평가를 통해 구강 내 스캐닝 방식이 기존 인상을 대체할 수 없다는 연구결과도 있다(Ende A & Mehl A, 2013; Flugge TV et al, 2013). 그리고 이러한 상반된 결과들이 현재 구강 내 스캐닝과 구강 외 스캐닝 방식의 비교 평가가 지속되어야 하는 큰 이유다.

가장 최근에 소개되고 있는 구강 내 스캐너인 CEREC AC Omnicam방식은 기존에 낱장 이미지를 조합하여 3D 모델을 생성하는 것과는 달리 연속적으로 데이터를 획득하여 3D 모델을 생성한다. 또한 파우더의 도포가 필요하지 않고 넓은 범위의 스캐닝도 가능하다는 장점이 있다. 따라서 구강 내 스캐닝의 효용성은 물론 정확성의 평가를 위한 연구가 더욱 필요한 상황에 놓여 있다고 할 수 있다.

따라서 본 연구의 목적은 최신의 구강 내 스캐닝 방식과 지금까지 기공임상에서 활용 되고 있는 구강 외 스캐닝 방식에 따라 제작된 왁스 코핑의 적합도를 비교 분석함으로써 임상적 활용의 가능성을 평가하고자 한다.

II. 연구 방법

1. 지대치 모형 형성

본 실험에서는 지대치 모형을 위한 대상 치아로 Frasaco회사의 상악 우측 제 1대구치 study 모델(ANA 4-G, Frasaco, Tettngang, Germany)을 선정하고, 이를 실리콘(Deguforn, Degudent GmbH, Hanau-wolfgang, Germany)으로 복제하여 음형의 몰드를 제작하였다. 제작된 실리콘 복제 몰드에 초경석고(Orthodontic Gemma 24, Samwoo Co., Ulsan, Korea)를 부은 다음 상악 우측 제 1대구치 모형 1개를 얻었다. 이어서 이 치아모형에서 교합면 2.0mm, 협설면 1.5mm를 삭제하고, 또한 측면 경사가 6°가 되도록 밀링(Cruise 440; Silfradent, S. Sofia, Italy)과 다듬질을 함으로써 지대치 모형을 형성하였다(Fig. 1).

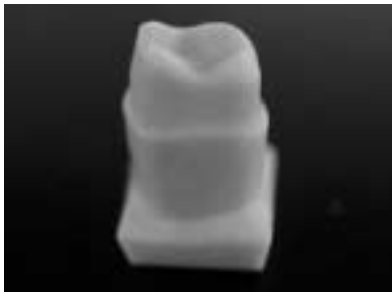


Fig. 1. Stone master die

2. PMMA 지대치 모형 제작

형성된 상악 우측 제 1대구치 지대치 모형을 실리콘으로 복제함으로써 동일한 조건의 복제용 음형 몰드 15개를 제작하였다. 준비된 실리콘 복제 몰드에 PMMA (polymethyl methacrylate, Jet Tooth Shade A2, Lang Dental, IL, USA)를 부어 총 15개의 PMMA 지대치 모형을 제작하였다(Fig. 2).



Fig. 2. PMMA master die(N=15)

3. 왁스 시편 제작

1) Intraoral scanning(IS) 방식 그룹



Fig. 3. Intraoral scanner of CEREC AC Omnicam

CEREC Connect software 4.1이 적용된 구강 내 스캐너(CEREC AC Omnicam, Sirona Dental Systems, Bensheim, Germany)로 15개의 PMMA 지대치 모형을 스캔하여 STL 파일을 얻었다(Fig. 3).

2) Extraoral scanning(ES) 방식 그룹

본 연구에서는 PMMA 지대치 모형을 직접 스캔하지 않고 임상 실무에서와 같은 인상재 방법으로 제작 하였다.

즉 15개의 PMMA 지대치 모형에 맞게 tray를 제작한 후 고무인상재(Aquasil Ultra XLV and Rigid, Dentsply Caulk, Milford, DE, USA)로 인상을 채득하였다. 이어서 인기된 인상재에 스캔 전용 초경석고(CAM stone-N, Ernst Hinrichs GmbH, Goslar, Germany)를 부어 초경석고 지대치 모형을 제작하였다. 이제 구강 외 스캐너인 모델스캐너(Identica blue, Medite, Seoul, Korea)를 이용하여 15개의 초경석고 지대치 모형을 스캔하여 STL파일을 얻었다(Fig. 4).



Fig. 4. Extraoral scanner of Identica blue

3) CAD/CAM 시스템을 이용한 왁스 코핑 제작

치과 전용 디자인 프로그램(DentCAD, Delcampl., Birmingham, UK)을 이용하여 총 30개의 STL파일로부터 상악 제 1대구치 왁스 코핑을 위한 디자인을 실시하였다. 왁스 코핑은 두께가 0.5mm가 되도록 하였고 축벽과 교합면 부위에 30 μ m의 cement space를 부여하였다. 디자인 완료된 STL파일을 이용하여 밀링(DWX-50, Roland, DG Corporation, Shizuoka, Japan)을 실시함으로써 30개의 왁스 코핑을 제작하였다(Fig. 5).

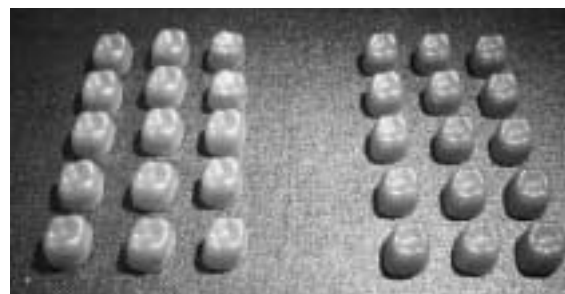


Fig. 5. CAD/CAM milled wax copings were fabricated using intraoral scanner and extraoral scanner

4. 변연 적합도 및 내면 적합도 측정

본 실험에서는 왁스 코핑의 변연 적합도 및 내면 적합도를 측정하기 위하여 실리콘 replica technique을 이용하였는데, 그 방법은 다음과 같다. 왁스 코핑의 내면에 연질 실리콘(light body)을 채우고 지대치에 올려놓은 다음, 왁스 코핑이 깨지지 않도록 주의하면서 압입을 가한 다음 5분 정도 유지하였다. 실리콘이 경화된 다음 왁스 코핑을 분리하고 연질 실리콘의 film층 위에 경질 실리콘(heavy body)을 추가함으로써 안정성이 유지 되도록 하였다. 제작된 실리콘 복제 본을 근·원심 방향으로 절단하고, 그 절단면의 6부위를 digital microscope($\times 140$)로 측정하였다(Fig. 6, Fig. 7).

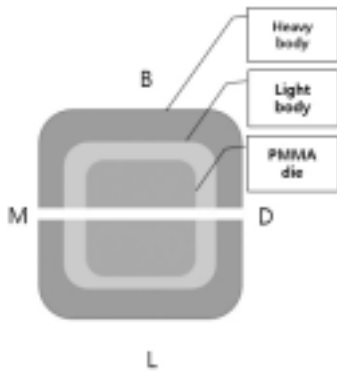


Fig. 6. Silicone replica technique



Fig. 7. Six measurement points

5. 통계 처리 및 분석

구강 내 스캐닝 방식과 구강 외 스캐닝 방식을 통해 제작된 왁스 코핑 절단면의 6부위를 계측한 다음 통계처리(IBM SPSS 21.0, SPSS Inc., Chicago, IL, USA)를 하였다. 모수 검정인 독립표본 t-검정을 실시하였으며 제 1종 오류수준은 0.05로 설정하였다.

III. 결 과

6부위를 모두 합하여 전반적인 간격(gap) 측정값의 평균(표준편차)은 ES 방식 그룹의 경우 55.61(27.42) μm , IS 방식 그룹의 경우 60.67(33.14) μm 이었다. 두 그룹 평균값의 유의성을 알아보기 위해서 등분산을 가정한 모수 검정인 t-검정을 실시한 결과 통계적으로는 유의한 차이가 없었으나 ES 방식이 보다 유리하다고 할 수 있는 낮은 값을 나타내었다($p > 0.05$).

한편 6개의 계측지점을 4부위로 나누어서 평균값(표준편차)을 단순 비교한 결과 적합도가 유리하다고 할 수 있는 낮은 수치 값은 두 그룹 모두 변연부위였다. 반면에 적합도가 가장 높은 수치 부위는 두 그룹 모두 교합면 부위였다. 그렇지만 4부위 모두 모수 검정인 t-검정을 실시한 결과 스캐닝 방식에 있어서는 통계적으로 유의한 차이는 보이지 않았다(Table 1, $p > 0.05$).

Table 1. Mean(SD) of marginal and internal gap for ES and IS group (marginal gap 1,6 axial 2,5 occlusal 3,4 internal gap 2,3,4,5)

(Unit: μm)

| 4 part gap | N | ES | IS | p-value* |
|--------------|----|--------------|--------------|----------|
| | | Mean(SD) | Mean(SD) | |
| Marginal gap | 30 | 36.03(18.80) | 41.23(26.38) | .383 |
| Axial gap | 30 | 51.56(16.05) | 49.60(14.70) | .624 |
| Occlusal gap | 30 | 79.24(26.57) | 91.19(31.27) | .116 |
| Internal gap | 60 | 65.40(25.85) | 70.39(32.04) | .349 |

*Mean of two group comparison using independent sample t-test for significant difference

IV. 고 찰

구강 내 스캐너는 1980년도에 Dr. Werner Morman과 Marco Bandestini의해 처음 소개되었으며 현재까지 여러 회사에 의해 개발과 연구가 진행되고 있다(Brandestini M & Moermann WH, 1989; Birnbaum N et al, 2009). 이러한 시스템은 기본적으로 삭제된 치아의 3차원 이미지를 캡처 할 수 있는 능력을 가지며, 또한 이 이미지들을 통해 작업 모형 제작도 가능하다.

선행 연구에서는 이렇게 캡처된 이미지의 부정확함과

이로 인하여 나타나는 수복물의 적합도 차이를 빈번히 제기해 왔으나(Flügge TV et al, 2013; e Silva JSA et al, 2014) 이러한 연구들은 치아와 유사한 빛 반사(refractive index) 범위가 될 수 있는 것을 고려하지 않은 시편재료의 선택과 추가적인 오차가 일어날 수 있는 구조과정 등을 포함시킴으로써 측정값의 오차를 증가시켰다(Fransson B et al, 1985; Ende A & Mehl A, 2013).

이에 본 연구에서는 enamel과 dentin의 빛 반사 범위 내에 있는 PMMA 재료로 시편을 제작하였다(Meng Z et al, 2009). 또한 매물, 소환, 구조 공정과정에서 올 수 있는 오차가 포함되지 않는 왁스 코핑을 사용함으로써, 추가 공정으로 인한 오차를 줄일 수 있는 실험 설계를 하였다는 점에서 의의가 있다고 본다.

수복물의 적합도의 측정법은 선행연구(Molin M & Karlsson S, 1993)에서 주로 사용되는 실리콘 replica technique을 사용 하였으며, 본 연구에서도 이 방법을 사용함으로써 지대치를 손상시키지 않고 비 파괴적인 연구가 가능하였다.

기존 선행 연구에서는 고정성 수복물의 임상적 수용 가능성에 대한 변연 적합도 평가 기준이 다양하였다. Ostlund L(1984)은 50 μ m가 적당하다고 하였으며, McLean & Von Fraunhofer(1971)는 제작 시점부터 5년 이상의 구강 내 1,000개의 고정성 수복물에 대해서 100 μ m의 변연 적합도도 문제가 없다고 보고하였으며, 임상적으로 최대 허용할 수 있는 간격은 120 μ m라고 보고하였다(McLean JW and von Fraunhofer JA, 1971). 따라서 본 연구에서도 McLean과 Von Fraunhofer가 제시한 임상적으로 최대 허용 기준인 120 μ m를 적합도 기준으로 설정하였다.

구강 내 스캔 방식과 구강 외 스캔 방식은 통계적으로 유의한 차이는 없었으나 두 그룹 모두 교합면 부위에서 그 수치가 가장 크게 나타났다. 기존 선행 논문에 의하면 교합면 부위의 수치가 크게 나타나는 것은 CAD/CAM시스템에서 전형적으로 나타나는 현상이라고 할 수 있다(Kokubo Y et al, 2011). 변연 부위의 간격이 가장 낮게 나타난 이유로는 측벽, 교합면 부위에는 30 μ m의 cement space 값을 부여 하였으나, 변연 부위에는 그 공간을 부여하지 않았기 때문에 상대적으로 적은 값을 보이는 것

로 추정할 수 있다. 그리고 IS 그룹의 내면 적합도에 있어서 교합면 부위는 ES 그룹과 비교해 볼 때 측벽보다 훨씬 더 큰 간격의 값을 나타내었다. 이는 구강 내 스캐너는 얻어진 연속데이터들이 지대치를 형상화하기 위하여 평면적인 측벽 부위보다 상대적으로 복잡한 형상의 교합면 부위를 중심으로 데이터를 중첩시킴으로써 오차가 더욱 증대된 것으로 보인다.

한편 본 연구의 한계점으로는 IS 그룹의 연구에 있어서 실제 구강 내부를 스캐닝 하지 않고 PMMA 지대치 모형을 스캐닝 함으로써, 본 연구의 결과를 일반화 하는데 어려움이 있다는 점과 오직 하나의 삭제된 치아만 대상으로 하였기 때문에 역시 일반화에 어려움이 있다는 점도 들 수 있다. 앞으로 구강 내 환경이 고려되고 하나의 치아뿐만 아니라 다양한 치아들이 포함된 적합도 평가연구가 추가되어야 할 것으로 사료 된다.

V. 결 론

제한된 조건에서 CEREC AC Omnicam을 통한 구강 내 스캐닝 방식과 구강 외 스캐닝 방식을 사용하여 CAD/CAM시스템으로 제작된 왁스 코핑의 적합도를 부위별로 측정하고 비교 평가하였다. 본 연구의 결론은 다음과 같다.

1. 6개의 지점에서 측정한 변연 적합도 및 내면 적합도 값은 구강 외 방식이 유리한 낮은 수치 값을 보였으나 두 그룹간의 통계적으로 유의한 차이는 없었다(p>.05).
2. 구강 내 스캐닝 방식의 수복물 적합도는 측벽부위가 교합면 부위보다 유리한 수준이라고 할 수 있는 낮은 수치 값을 보였다.
3. 구강 내 스캐너인 CEREC AC Omnicam의 적합도는 임상적 허용치인 120 μ m를 넘지 않아 임상적으로 수용이 가능하다.

REFERENCES

- Al-Bakri I, Hussey D, Al-Omari W. The dimensional accuracy of four impression techniques with the use of addition silicone impression materials. *J Clin Dent*. 18(2), 29-33, 2006.
- Birnbaum N, Aaronson HB, Stevens C, Cohen B. 3D digital scanners: a high-tech approach to more accurate dental impressions. *Inside dent*. 5(4), 2009.
- Brandestini M, Moermann WH. Method and apparatus for the three-dimensional registration and display of prepared teeth. Google Patents, 1989.
- Christensen GJ. The challenge to conventional impressions. *J Am Dent Assoc* (1939). 139(3), 347, 2008.
- Christensen GJ. Will digital impressions eliminate the current problems with conventional impressions. *J Am Dent Assoc*. 139(6), 761-763, 2008.
- Eames WB, Wallace SW, Suway NB, Rogers LB. Accuracy and dimensional stability of elastomeric impression materials. *J Prosthet Dent*. 42(2), 159-162, 1979.
- Ender A, Mehl A. Accuracy of complete-arch dental impressions, a new method of measuring trueness and precision. *J Prosthet Dent*. 109(2), 121-128, 2013.
- e Silva JSA, Erdelt K, Edelhoff D, Araujo E, Stimmelmayer M, Vieira LCC, et al. Marginal and internal fit of four-unit zirconia fixed dental prostheses based on digital and conventional impression techniques. *Clin oral investing*. 18(2), 515-523, 2014.
- Felton D, Kanoy B, Bayne Sa, Wirthman G. Effect of in vivo crown margin discrepancies on periodontal health. *J Prosthet Dent*. 65(3), 357-364, 1991.
- Flügge TV, Schlager S, Nelson K, Nahles S, Metzger MC. Precision of intraoral digital dental impressions with iTero and extraoral digitization with the iTero and a model scanner. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*. 144(3), 471-478, 2013.
- Fransson B, Øilo G, Gjeitanger R: The fit of metal-ceramic crowns, a clinical study. *Dent Mater*. 1(1), 197-199, 1985.
- Guth JF, Keul C, Stimmelmayer M, Beuer F, Edelhoff D. Accuracy of digital models obtained by direct and indirect data capturing. *Clin oral investing*. 17(4), 1201-1208, 2013.
- Kokubo Y, Tsumita M, Kano T, Sakurai S, Fukushima S. Clinical marginal and internal gaps of zirconia all-ceramic crowns. *J Prosthodont Res*. 55(1), 40-43, 2011.
- Logozzo S, Zanetti EM, Franceschini G, Kilpela A, Mäkynen A. Recent advances in dental optics-Part I: 3D intraoral scanners for restorative dentistry. *Opt Lasers Eng*. 54, 203-221, 2014.
- McLean JW, von Fraunhofer JA. The estimation of cement film thickness by an in vivo technique. *Br Dent J*, 131(3), 107-111, 1971.
- Meng Z, Yao H, Liang Y, Li Y, Lan S, Wang G, et al. Measurement of the refractive index of human teeth by optical coherence tomography. *J Biomed Opt*. 14(3), 034010-034010-034014, 2009.
- Molin M, Karlsson S. The fit of gold inlays and three ceramic inlay systems: A clinical and in vitro study. *Acta Odontologica*. 51(4), 201-206, 1993.
- Ostlund L. Cavity design and mathematics: their

- effect on gaps at the margins of cast restorations. *Oper Dent.* 10(4), 122–137, 1984.
- Patzelt SB, Emmanouilidi A, Stampf S, Strub JR, Att W. Accuracy of full-arch scans using intraoral scanners. *Clin oral investing.* 1–8, 2013.
- Perakis N, Belser UC, Magne P. Final impressions: a review of material properties and description of a current technique. *Int J periodontics Restorative Dent.* 24(2), 109–118, 2004.
- Pradies G, Zarauz C, Valverde A, Ferreiroa A, Martinez-Rus F. Clinical evaluation comparing the fit of all-ceramic crowns obtained from silicone and digital intraoral impressions based on wavefront sampling technology. *J dent.* 43(2), 201–208, 2015
- Schoenbaum TR. Decoding CAD/CAM and digital impression units. *Dent Today.* 29(2), 140, 142, 144–145, 2010.