

구강 내 스캐닝 방법에 의해 제작된 폴리우레탄 모형의 정확도 평가

김 원 태, 이 병 기, 현 종 구, 김 기 백
대전보건대학교 치기공과

Evaluation of validity of polyurethane model fabricated by intra-oral scanning method

Won-Tae Kim, Byung-Ki Lee, Joung-Ku Hyun, Ki-Baek Kim
Department of Dental Laboratory Technology, Daejeon Health College

[Abstract]

Purpose: The purpose of this study was evaluate the validity of polyurethane model fabricated by intra oral scanning method.

Methods: Ten sam cases of stone models were manufactured from master model, and polyurethane models were made with the intra oral scanning and CNC milling method. One examiner individually measured 6 distances(intercanine distance, intermolar distance, two dental arch lengths(right, left) and two diagonal of dental arch lengths(right, left) on the stone models and the polyurethane models. The Mann-Whitney U test($\alpha=0.05$) were used for statistical analysis.

Results: The mean difference between measurements made directly on the stone models and those made on the polyurethane models was 0.31-0.38mm. No statistically differences between the two groups were founded 4 distances($p>0.05$), but 2 distances were statistically significant($p<0.05$).

Conclusion: Stone models showed larger than polyurethane models fabricated by intra oral scanning method.

○Key words : Dental CAD-CAM, Dental model, Digital dentistry, Intra oral scanning

교신저자	성명	김 기 백	전화	010-3160-8548	E-mail	kimkb@hit.ac.kr	
	주소	대전시 동구 충청로 21					
접수일	2014. 5. 2		수정일	2014. 6. 4		확정일	2014. 6. 21

I. 서 론

그 동안 보철물의 대표적인 제작 기술로서 합금의 왁스 소각 기술, 레진 중합체의 전입 기술, 도재의 축성 및 소성 기술 등이 이용되었다. 이 기술들은 비교적 정밀하지만, 모든 작업들이 수작업으로 이루어지며, 제작 시간이 오래 소요되는 비교적 노동집약적인 방법들이다. 뿐만 아니라 술자의 경험에 의존하여 보철물의 완성도가 결정되는 단점이 있다. 기존 제작 방식들의 단점들을 보완하여 보철물 제작의 자동화, 표준화 그리고 규격화를 목적으로 치과용 캐드캠(CAD/CAM, Computer aided design/Computer aided manufacturing)이 처음 시도된 것은 1980년대이다(Mörmann and Brandestini, 2006).

현재 치과용 캐드캠의 개발과 보철물 제작 기술의 범위가 눈에 띄게 확대되면서 보철물 제작 기술의 질이 전반적으로 향상되었다. 치과용 캐드캠은 크게 두 가지로 구분되는데, 치료실용과 기공실용이 그것이다. 두 가지 시스템의 가장 큰 차이점은 환자의 구강이 복제된 디지털 모형을 제작하는 방식의 차이이다(Witkowski, 2005). 디지털 모형을 제작하기 위해서는 환자의 구강 내 정보를 디지털 인상채득기법에 의해 채득하게 되는데, 이 때 사용되는 장비를 스캐너라 부른다. 치료실용의 경우 직접법에 의해 채득을 하게 되며, 구강 내 스캐너(intra-oral scanner)에 의해 디지털 모형이 제작된다. 이 방법에 의하면 기존의 인상채득과 모형제작 과정이 생략된다. 반면 기공실용의 경우 치과용 스캐너(dental scanner)에 의해 디지털 모형이 제작되는데, 이 방법에 의하면 환자로부터 기존의 인상채득법에 의해 채득된 인상 또는 석고 모형 등을 이용하여 스캐닝을 실시한다. 스캐닝 작업 시 사용되는 광원(laser, white light, blue LED 등)은 인상체 또는 석고 모형 표면을 조사함으로써 반사된 정보를 토대로 수많은 X, Y, Z 좌표 데이터를 취합하여 디지털 모형을 제작하게 된다.

보철물 제작의 성공을 위해서 중요한 요소는 여러 가지가 있겠으나 그들 중 하나는 정밀한 인상채득과 모형의 제작이다. 즉 치과용 캐드캠을 이용할 경우 정확한 디지털 인상채득과 디지털 모형 제작이 보철물의 성공적인 제작을 위한 시작이라 할 수 있겠다. 전통적으로 모형 제작

을 위한 인상채득 작업은 구강 내에 인상재를 넣고, 인상재가 최종 경화되는 과정에 의해 인상이 채득되었다. 이러한 방식은 부정확한 변연부의 재현, 인상체의 체적안정성 문제, 구강 내 타액과 혈액 등 이물질에 대한 오염 문제 등 여러 가지 문제를 내포하고 있다. 뿐만 아니라 인상을 채득하는 동안 환자에게는 매우 괴로운 시간임에 틀림없으며, 술자의 기술과 숙련도에 따라 인상 채득의 정밀도가 달라질 수 있는 문제점이 있다. 인상채득 후 과정인 모형 제작 단계에서도 사용되는 모형재의 부피 변화로 인해 정밀도가 떨어질 수 있다.

구강 내 스캐닝 방법에 의한 디지털 모형 제작 방법은 이에 대해 여러 해결책을 제시하여 주는 방법으로서, 환자의 구강 내 지대치 형성 후 기존의 인상 채득 과정을 거치지 않고, 구강 내 스캐너를 이용하여 디지털 모형을 제작한다. 제작된 디지털 모형은 간단한 증례의 경우에는 바로 CAD program에 의해 보철물의 디자인이 가능하겠으나, 그렇지 못한 증례의 경우 CAM 단계에서 모형의 제작이 이루어지며, 제작이 완료된 모형을 토대로 보철물의 설계가 진행된다. 이 방법의 장점은 기공소나 기공실 등에서는 환자의 정보를 디지털로 받아볼 수 있으며, 보관이 편리하다. 또한 부분적으로 인상이 잘못 채득된 부위의 경우 일부분만 다시 스캐닝하면 되는 장점이 있다. 환자의 입장에서라도 인상재를 사용하여 인상을 채득하지 않아도 되기 때문에 불편함이 줄어들 수 있으며, 환자와 술자 모두 감염의 위험이 감소될 수 있다.

이런 많은 장점이 있는 반면 아직까지 구강 내 디지털 인상채득법에 의해 제작된 모형의 정확성 평가에 관한 연구는 부족한 실정이다. 본 연구의 목적은 구강 내 디지털 인상채득법에 의해 제작된 모형의 정확도를 평가하는 것이다. 그리하기 위하여 1. 주모형을 선정, 2. 주모형으로부터 석고 모형 제작, 3. 석고모형으로부터 구강 내 디지털 인상채득법에 의해 디지털 모형을 제작, 4. 디지털 모형의 데이터를 토대로 치과용 캠 장비를 이용하여 폴리우레탄 모형을 제작, 5. 계측지점 선정 및 석고 모형과 폴리우레탄 모형의 계측지점 측정, 두 그룹의 모형들에서 측정된 값을 통계적 기법으로 비교 평가해봄으로써 구강 내 디지털 인상채득법에 의해 제작된 모형의 정확성을 평가하였다.

II. 연구 방법

1. 주모형의 선정 및 석고 모형 제작

본 연구를 위하여 <Fig. 1A>과 같이 결손치 또는 지대치가 없는 상악 주모형(500B-1, Nissin Dental Product, Kyoto, Japan)을 선정하였다. 주모형을 대상으로 스캔을 위한 석고 모형을 제작하기 위하여 치과용 실리콘(Deguform, DeguDent GmbH, Germany)을 이용하여 몰드 10개를 제작하였다. 제작된 몰드에 치과용 초경석고(Tuff rock, Talladium INC, Valencia, CA, USA)를 이

용하여 <Fig. 1B>와 같은 모형 10개를 제작하였다.

사용된 치과용 초경석고는 제조사의 지시에 따라 혼수비를 맞추어 진공 혼합기(Whip Mix, Louisville, KY, USA)를 이용하여 30초간 혼합하였으며, 석고 주입 시 기포 생성을 방지하기 위하여 치과용 바이브레이터를 이용하여 진동을 주는 상태에서 주입하였다. 몰드에 주입된 석고는 최종 경화가 완료될 때까지 약 1시간 동안 유지하였으며, 완전히 최종 경화가 끝난 후 몰드에서 모형을 분리하였다.

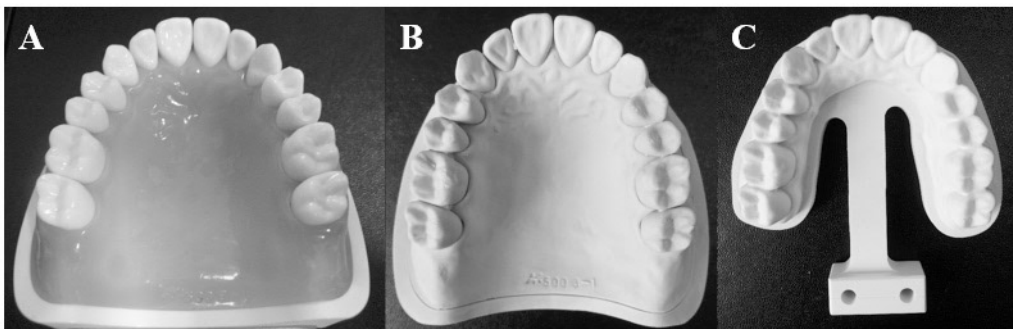


Fig. 1. Study models (A: Master model; B: Stone model; C: Polyurethane model)

2. 폴리우레탄 모형 제작

제작이 완료된 석고 모형을 대상으로 폴리우레탄 모형을 만들기 위하여 구강 내 스캐너로 디지털 모형을 제작하였다. 디지털 모형 제작을 위해 구강 내 스캐너를 이용하여 절단, 교합측에서 한 장, 순, 협, 설측 45° 각도에서 각각 한 장씩, 근원심 각도에서 각각 한 장씩 사진을 추가로 촬영하는 방식으로 디지털 인상을 채득하였다. 디지털 인상의 채득이 끝난 뒤 부족한 부분을 추가로 촬영하여 디지털 모형을 완성하였다.

완성된 디지털 모형의 정보를 해당 프로그램을 이용하여, 가공 장비로 전송하였다. 가공 장비의 프로그램을 이용하여 최종 검토를 거쳐 삭제법 방식의 가공 장비를 통하여 <Fig. 1C>와 같은 폴리우레탄 모형 10개를 제작 완료하였다.

3. 계측지점 선정

실험군인 폴리우레탄 모형의 정확도를 측정하기 위하여

몇 가지 계측 지점을 선정하였다. 계측 지점의 선정은 선행 연구에 근거하였다(SS Choi et al, 2012; KB Kim et al, 2013). 선행연구에 근거한 계측 지점은 <Fig. 2>와 같으며, 'A'는 상악 우측 견치의 첨두, 'B'는 상악 좌측 견치의 첨두, 'C'는 상악 우측 제1대구치의 근심 협측 교두정, 'D'는 상악 좌측 제1대구치의 근심 협측 교두정을 의미한다. 측정 부위는 계측 지점을 근거로 하여 <Fig. 2>와 같이 A-B, C-D, A-C, B-D, A-D, B-C 총 6부위의 거리를 측정하였다. 'A-B'는 좌우 견치의 첨두간 거리로서 '견치간 폭경'을 의미하며, 'C-D'는 좌우 제1대구치의 근심 협측 교두정간 거리로서 '구치간 폭경'을 의미한다. 'A-C'와 'B-D'는 견치의 첨두에서 제1대구치의 근심협측교두정까지의 거리로서 '치열궁 장경'을 의미한다. 끝으로 'A-D'와 'B-C'는 견치의 첨두에서 반대측 제1대구치의 근심 협측 교두정까지의 거리로서 '대각선 치열궁 장경'을 의미한다.

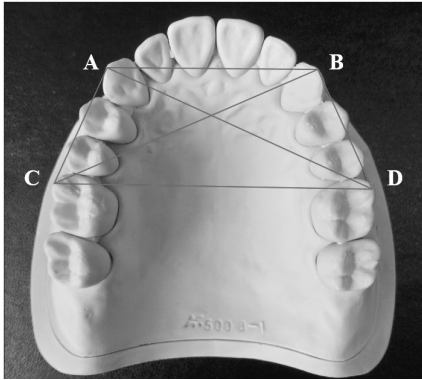


Fig. 2. Reference points(A, B, C, D) and measuring distances(A-B, C-D, A-C, B-D, A-D, B-C)



Fig. 3. Stone model on the survey table

4. 계측지점 측정

측정한 총 6부위의 거리는 해부학적 형태에 근거하여 측정 전 예리한 샤프펜으로 모형의 A, B, C, D의 계측 지점에 표시를 한 뒤 측정하였다. 측정에는 소수점 둘째자리까지 기록이 가능한 디지털 밀립자(CD-20PSX, Mitutoyo Corp, Japan)를 이용하여 측정하였으며, 측정 시 모형의 흔들림을 방지하기 위하여 <Fig. 3>와 같이 기공용 서베이어 테이블에 모형을 고정한 후 측정하였다. 석고 모형과 폴리우레탄 모형 각각 10개씩, 한 개의 모형당 6개의 거리, 총 120개의 거리를 측정하였다.

5. 통계 분석

석고 모형과 폴리우레탄 모형에서 측정된 거리의 값들을 통계적 비교 평가를 위하여 IBM SPSS statistics 20 프로그램을 사용하였으며, 분석방법에는 비 모수 검정법인 Mann-Whitney U test를 이용하였다(제1종 오류수준 = 0.05).

III. 결 과

두 그룹에서 측정된 참고 지점의 평균(표준편차)은 <Table 1>과 같다. 석고 모형과 폴리우레탄의 견치간 폭경은 각각 36.08, 35.77mm이었고, 구치간 폭경은 56.23, 55.91mm이었다. 또한 우측의 치열궁 장경은 22.73, 22.36mm이었고, 좌측의 치열궁 장경은 22.46, 22.08mm이었다. 마지막으로 대각선 치열궁 장경에서 A-D는 각각 50.41, 50.05mm이었으며, B-C는 50.05, 49.66mm이었다 <Table 1>.

측정된 6거리 모두에서 석고 모형이 구강내 스캐닝 방식에 의해 제작된 폴리우레탄 모형보다 큰 것으로 조사되었다. 그 차이는 <Table 1>에서와 같이 0.31mm에서 0.38mm로 조사되었다. 또한 구치간 폭경 'C-D'와 대각선 치열궁 장경 'B-C'는 통계적으로 유의하지 않았으며 ($p > 0.05$), 그 외에 'A-B', 'A-C', 'B-D', 'A-D'는 통계적으로 유의하였다($p < 0.05$).

Table 1. Mean(SDs) distances of stone models and digital models (unit:mm)

Measurements	N	Stone models	Polyurethane models	Mean difference	p-value
A-B	10	36.08 (0.24)	35.77 (0.16)	0.31	0.047
C-D	10	56.23 (0.63)	55.91 (0.28)	0.32	0.328
A-C	10	22.73 (0.06)	22.36 (0.04)	0.37	0.001
B-D	10	22.46 (0.25)	22.08 (0.12)	0.38	0.024
A-D	10	50.41 (0.03)	50.06 (0.04)	0.35	0.001
B-C	10	50.03 (0.39)	49.66 (0.17)	0.37	0.103

IV. 고 찰

본 연구에서는 구강 내 스캐닝 방법에 의해 제작된 폴리우레탄 모형의 정확도를 평가하고자 주 모형을 선정하고, 그로부터 석고 모형을 제작하였다. 제작된 석고 모형을 토대로 구강내 스캐닝 과정을 거쳐 석고 모형과 동일한 폴리우레탄 모형을 제작한 뒤 계측지점을 좌우측 견치의 첨두와 좌우측 제1대구치의 근심협측 교두정 총 4곳을 지정하였다. 지정된 4곳의 계측지점을 토대로 6개의 계측 거리를 지정한 뒤 거리를 측정하였다. 석고 모형과 폴리우레탄 모형을 대상으로 동일한 6개의 계측 거리를 측정하였으며, 두 그룹에서 측정된 값을 비모수 검정법인 Mann-Whitney test(제1종 오류수준 = 0.05)를 통하여 통계적으로 비교 분석하였다. 그 결과 측정된 모든 부위에서 석고 모형이 구강내 스캐닝 방법에 의해 제작된 폴리우레탄 모형보다 크게 측정되었으며, 평균 차이는 0.31-0.38mm로 조사되었다. 몇몇 부위(C-D, B-C)는 통계적으로 유의하지 않았으나($p > 0.05$), 그 외의 부위(A-B, A-C, B-D, A-D)에서는 통계적으로 유의하였다($p < 0.05$).

이와 같은 원인은 선행연구들로 유추하여 보았을 때 폴리우레탄 모형 제작하기 위해 구강내 스캐닝 방법에 의해 제작하였던 디지털 모형에서 발생한 오차 때문인 것으로 사료된다. 폴리우레탄 모형의 경우 구강 내 스캐닝 방법에 의해 석고 모형을 조사하고 조사된 정보는 디지털 모형으로 변환된다. 그 후 디지털 모형의 정보로부터 절삭 과정에 의해 제작이 완료된다. 때문에 구강내 스캐닝 과정에서 발생하는 오차가 폴리우레탄 모형의 정확도에 안 좋은 영향을 미칠 수 있다. 구강내 스캐닝 작업의 경우 술자의 경험 및 숙련 정도에 의존하게 되는 단점이 있다(Luthardt RG et al, 2006). 또한 현재 구강내 스캐닝 작업 과정 중 발생하는 오차 범위가 15 μ m라고는 하나(Henkel GL, 2007) 본 연구에서 채택한 시편처럼 전악 모형의 경우 스캐닝하는 과정에서 그 이상의 오차가 발생할 수 있다고 생각된다. 그 이유는 일반 가공실용 스캐너의 경우는 전악의 모형을 한번에 조사하는 반면 구강내 스캐너는 일부분씩 사진을 촬영한 뒤 촬영된 사진을 덧붙여 이미지를 완성하는 원리로 디지털 모형을 제작한다.

이 때 디지털화하고자 하는 부위가 길면 길수록 사진들을 덧붙이는 과정에서 얼마든지 오차가 생길 수 있기 때문에 본 연구에서 사용한 전악 모형의 경우 그 오차 범위가 더 클 수 있다고 생각된다.

또 다른 이유로는 가공 방식에 따른 오차 때문인 것으로 사료된다. 본 연구에서 구강내 스캐닝 방법에 의해 제작된 디지털 모형을 근거로 폴리우레탄 모형 제작 시 삭제법(subtractive method)에 의해 제작하였는데, 이 방법은 컴퓨터 수치 제어 절삭법(CNC, computerized numerical control)으로 정의된다. 이 방법에 의하면 폴리우레탄 블록을 이용하여 디지털 모형의 정보를 토대로 블록을 절삭, 가공하는 방식으로 모형을 완성한다. CNC 가공 시 전용의 절삭용 버(bur)가 이용되는데, 버의 직경은 정밀한 가공에 있어서 매우 중요하다. 예를 들면 편평한 부위 등은 버가 재현하기 쉬운 반면, 절단면과 같이 날카롭거나 교합면과 같이 기하학적인 부위의 경우 오차가 생길 수가 있기 때문이다(Reich S et al, 2011).

위와 같은 원인들로 인해 비록 폴리우레탄 모형이 석고 모형보다 측정된 모든 계측거리에서 적은 값으로 조사되어 본 모형 보다 작게 제작이 되는 사실을 알게 되었으나, 계측 거리 별 그 수치 값의 차이는 0.31-0.38mm로 여러 선행연구들로 근거하여 보았을 때 임상적으로 큰 차이가 없을 것으로 사료된다(Quimby ML et al, 2004; Bootvong K et al, 2010). 선행문헌들에 따르면 계측 거리 간 수치 차이가 0.5mm 이하의 경우는 임상적으로 보철물을 제작하는데, 문제가 되지 않는다고 보고하였다.

본 연구에서는 구강내 스캐닝 방법에 의해 제작된 폴리우레탄 모형의 정확도를 평가하였다. 현재 치과용 캐드캠의 사용 비중이 급속도로 증가하고 있는 상황에 비추어 볼 때 본 연구의 의의는 충분하다고 생각되며, 임상적 참고 자료가 될 수 있다고 생각된다. 그러나 다양하지 못한 증례의 모형을 분석하지 못한 것은 본 연구의 한계점으로 지적되며, CNC 가공법에 의해서만 제작된 모형의 정확도를 평가한 것도 하나의 한계점으로 지적된다. 추후에 진행될 연구에서는 다양한 증례를 대상으로 제작된 모형을 대상으로 정확도를 평가하는 연구가 필요할 것으로 사료되며, CNC 가공법만이 아니라 최근 RP 방식으로도 제작된 모형의 제작 빈도가 증가하고 있는 만큼 RP 방식에 의

해 제작된 치과용 모형의 정확도 평가도 이루어져야 할 것으로 사료된다.

V. 결 론

본 연구는 구강내 스캐닝 방법에 의해 제작된 폴리우레탄 모형의 정확도를 평가하고자 하였다. 그러기 위하여 주모형으로부터 석고 모형을 제작한 후 석고 모형을 이용하여 구강내 스캐닝 방법에 의해 디지털 모형을 제작하였다. 제작된 디지털 모형의 정보를 근거로 하여 CNC 가공법에 의해 폴리우레탄 모형을 완성하였다. 완성된 폴리우레탄 모형의 정확도를 평가하고자 4군데의 측정지점을 선정하였고, 선정된 4군데의 측정지점으로부터 6개의 측정거리를 측정하였다. 측정된 값을 석고 모형으로부터 측정된 값들과 통계적으로 비교 평가한 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

구강내 스캐닝 방법에 의해 제작된 폴리우레탄 모형이 그 근간이 되는 석고 모형보다 작게 제작되는 것을 알 수 있었다. 그러나 그 정도는 여러 선행 연구 결과들을 근거로 하였을 때 임상적으로 문제가 되지 않는 수치였으므로, 폴리우레탄 모형의 정확도는 임상적으로 사용이 가능한 것으로 사료된다. 그러나 이는 어디까지나 한 가지 증례의 연구모형을 대상으로 한 연구 결과이며, 보다 신뢰성이 높은 연구 결과를 위해서는 여러 증례의 모형을 대상으로 하는 후속연구가 진행되어야 할 것으로 사료된다. 또한 실질적으로 폴리우레탄 모형으로부터 제작된 보철물의 완성도를 평가하는 연구 또한 필요할 것으로 사료된다.

REFERENCES

Bootvong K, Liu Z, McGrath C, Hägg U, Wong RW, Bendeus M, Yeung S. Virtual model analysis as an alternative approach to plaster model analysis: reliability and validity. *Eur J Orthod*, 23, 589-595, 2010.

Henkel GL. A comparison of fixed prostheses

generated from conventional vs digitally scanned dental impressions. *Compend Contin Educ Dent*, 28, 422-424, 2007.

Ki-Baek Kim, Su-Jin Kim, Jae-Hong Kim, Ji-Hwan Kim. An evaluation of validity of three dimensional digital model fabricated by dental scannable stone. *The Journal of Korean Academy of Dental Technology*, 35, 29-35, 2013.

Luthardt RG, Koch R, Rudolph H, Walter MH. Qualitative computer aided evaluation of dental impressions in vivo. *Dent Mater*, 22, 69-76, 2006.

Mörmann WH, Brandestini M. In: State of the art of CADs/CAM restorations: 20 years of CEREC (Mörmann WH) London. Quintessence, 1-8, 2006.

Quimby ML, Vig KW, Rashid RG, Firestone AR. The accuracy and reliability of measurements made on computer-based digital models. *Angle Orthod*, 74, 298-303, 2004.

Reich S, Uhlen S, Gozdowski S, Lohbauer U. Measurement of cement thickness under lithium disilicate crowns using an impression material technique. *Clin Oral Investig*, 15, 521-526, 2011.

Seog-Soon Choi, Ki-Baek Kim, Gyeong-Tak Lee, Jin-Hun Jeon, Jae-Hong Kim. The study on the dimensional stability of digitized dental stone replicas according to difference color of gypsum materials. *The Journal of Korean Academy of Dental Technology*, 34, 369-377, 2012.

Witkowski S. (CAD-)/CAM in dental technology, *Quintessence Dent Technol*, 28, 169-184, 2005.