

치과용 스캐너 전용 석고를 이용하여 제작된 3차원 디지털 모형의 정확도 평가

김 기 백, 김 수 진, 김 재 흥, 김 지 환
고려대학교 대학원 보건과학과 치의기공전공

An evaluation of validity of three dimensional digital model fabricated by dental scannable stone

Ki-Baek Kim, Su-Jin Kim, Jae-Hong Kim, Ji-Hwan Kim

Department of Health Science Specialized in Dental Lab. Science & Engineering, Graduate School, Korea University

[Abstract]

Purpose: The purpose of this study was to evaluate the validity of digital models fabricated by dental scannable stone.

Methods: Twenty same cases of stone models(maxillary full arch) were manufactured. Intercanine distance, intermolar distance, two dental arch lengths(right, left), two diagonal of dental arch lengths(right, left) were measured for comparison. Each of ten stone models were measured by digital vernier calipers and scanned by dental scanner. Ten digital models were measured by CAD program. The mean(SDs) values were compared by a Mann-Whitney U test($\alpha=0.05$).

Results: No statistically significant differences between the two groups were found at intermolar distance, dental arch length(right)($p>0.05$). However, intercanine distance, dental arch length(left) and two diagonal of dental arch lengths(right, left) were statistically significant($p<0.05$).

Conclusion: Stone models fabricated by dental scannable stone showed larger than digital models.

○Key words : CAD-CAM, Digital, Scanner

교신저자	성명	김 지 환	전화	02-940-2843	E-mail	kjh2804@korea.ac.kr	
	주소	서울시 성북구 정릉3동 산1번지 고려대학교 보건과학대학 호림관 420호					
접수일	2012. 11. 26		수정일	2013. 3. 4		확정일	2013. 3. 12

I. 서 론

대부분의 고정성 보철물(주조 금관, 주조 교의치 등)은 1907년 Taggart가 소개한 왁스소각기술(Lost wax technique)과 주조를 통하여 제작이 되었다(Anusavice, 2003). 이 방법에 의하면 치료실에서 채득된 환자의 인상체에 근거하여 기공소에서 모형재를 이용하여 환자의 구강이 복제된 모형을 제작하고 복제가 완료된 모형에 해당 보철물을 치과용 왁스 등을 이용하여 설계한 후 통법에 의하여 매몰, 소환, 주조 그리고 최종 연마 과정을 거쳐 최종 보철물이 완성이 된다. 기존의 이러한 제작 과정은 지난 수십 년간 치과 보철물 제작 방식의 가장 대표적인 방식으로 자리 잡았으나 모든 작업이 수작업으로 진행됨과 동시에 대단히 노동집약적이며 경험의존적임에는 의심할 여지가 없다.

이러한 과거 방식의 대안으로서 보다 양질의 보철물의 제작과 보철물의 표준화를 목적으로 치과용 캐드캠(CAD/CAM, Computer aided design/Computer aided manufacturing)이 소개되었다. 컴퓨터를 이용함으로써 빠른 작업이 가능해지는 이 기술은 이미 1970년대부터 다양한 산업분야에서 사용되었으며, 치과용 캐드캠 시스템으로서의 연구와 발전은 1980년대부터 본격화 되었다(M?rmann and Brandestini, 2006). 치과용 캐드캠은 치료실 시스템과 기공소 시스템으로 대별되며, 두 가지 방식의 경우 컴퓨터의 도움을 받아 보철물을 디자인하고, 보철물을 절삭, 가공하는 방식은 동일하지만, 환자의 구강 환경을 복제 하는 과정에서 약간의 차이가 있다(Witkowski, 2005). 치료실 캐드캠 시스템의 경우 환자의 구강 환경을 구강 내 스캐너(intra-oral scanner)를 이용하여 그 자리에서 즉시 환자의 구강을 촬영하고, 촬영된 이미지를 모니터에 디지털 모형으로 재현한다. 반면, 기공소 캐드캠 시스템의 경우 치료실에서 환자의 구강 환경이 채득된 인상체에 의거하여 치과용 석고를 사용하여 복제 모형을 제작하고, 제작된 석고모형은 치과용 스캐너를 사용하여 디지털 모형을 채득한다. 스캐닝 과정에서 조사된 광원은 석고 모형의 표면에 닿음으로서, 반사되는 데이터를 취합하여 수많은 X, Y, Z 좌표 데이터를 중심으로 환자의 구강을 3차원 디지털 모형으로 전환하

게 된다(Luthardt, 2003).

캐드캠을 이용하여 정밀한 보철물을 제작하기 위한 선행 조건으로서 여러 가지가 있겠으나, 가장 중요한 한 가지는 환자의 구강을 정확하게 재현하여 디지털 모형을 채득하는 것이다. 그러기 위해서는 먼저 환자의 구강 환경이 정확하게 재현된 모형을 제작하여야 하는데, 현재 환자의 구강 복제 모형 제작을 위한 재료로서 대부분 치과용 석고가 이용된다. 치과용 석고에는 보통석고, 경석고, 초경석고 등이 있으며, 이러한 치과용 석고를 이용하여 환자의 구강이 복제된 모형을 제작한 후 치과용 스캐너를 이용하여 디지털 모형으로 전환하게 된다. 최근에는 캐드캠을 이용하여 디지털 모형을 기반으로 하는 보철물 제작 빈도가 늘어남에 따라 치과용 스캐너 전용 석고들이 새로이 소개되고 있다. 스캐너 전용 석고들은 기존의 석고들과 비교하였을 때, 극미세 분말을 사용함으로써 스캔 후 디지털 모형의 표면의 기존의 석고를 이용하여 얻어진 디지털 모형의 표면보다 부드러운 표면을 얻을 수 있기 때문에 보다 정확한 디지털 모형을 재현할 수 있다고 알려져 있다. 그러나 현재 스캐너 전용 석고를 이용하여 제작된 디지털 모형의 정확도에 관한 연구는 부족한 실정이다.

이에 본 연구에서는 치과용 스캐너 전용 석고를 이용하여 제작된 모형을 디지털 모형으로 전환하였을 때 디지털 모형의 정확도를 알아보기 위하여 모형에 계측지점을 선정하고 측정하고자 한다. 측정은 석고 모형 상태와 디지털 모형 상태에서 각각 측정을 한 후, 각 측정값을 비교함으로써 치과용 스캐너 전용 석고의 디지털 모형의 정확성을 평가하였다.

II. 연구 방법

1. 시편 제작

본 연구를 위하여 <Fig. 1A>과 같이 결손치 또는 지대치가 없는 상악 주모형(500B-1, Nissin Dental Product, Kyoto, Japan)을 선정하였다. 주 모형을 대상으로 시편을 제작하기 위하여 실리콘(Deguform, DeguDent GmbH, Germany)을 이용하여 몰드 20개를 제작한 후 각각의 몰드에 치과용 스캐너 전용 석고(Everest®Rock, KaVo

Dental GmbH, Biberach/Riß, Germany)를 이용하여 <Fig. 1B>와 같은 석고 모형을 총 20개를 제작하였다.

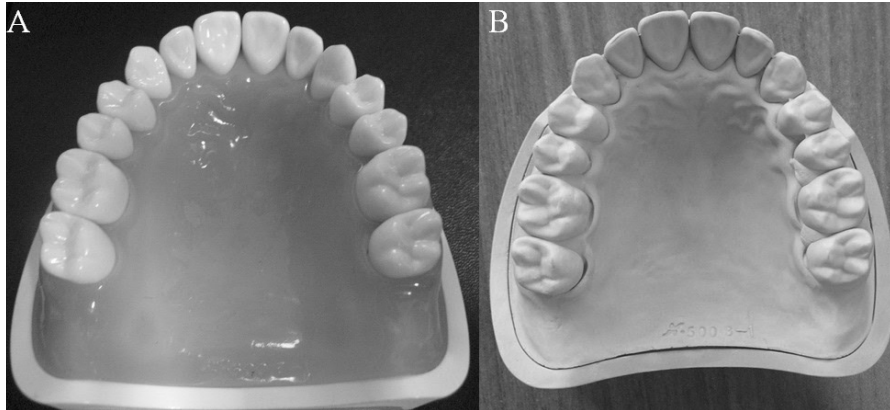


Fig. 1. The study models (A: Mater model; B: Stone model)

2. 계측지점 선정

시편의 정확도를 평가하기 위한 측정 지점으로서 Creed와 JH Kim이 사용하였던 계측지점에 근거하여 <Fig. 2>과 같이 계측지점을 선정하였으며(Creed et al, 2011; JH Kim et al, 2011), 본 방법에 의하여 'A'는 상악 우측 견치 교두정, 'B'는 상악 좌측 견치 교두정, 'C'는 상악 우측 제1대구치 근심 협측 교두정, 'D'는 상악 좌측 제1대구치 근심 협측 교두정으로 선정하였으며, 측정 부위는 다음과 같다.

A-B는 견치간 폭경으로서 좌우 견치 첨두간의 거리를 측정하였으며, C-D는 구치 간 폭경으로서 좌우 제1대구치 근심 협측 교두정간의 거리를 말한다. A-C와 B-D는 치열궁 장경으로서 각각 견치의 첨두와 제1대구치의 근심 협측 교두정의 거리를 말하며, A-D, B-C는 대각선 치열궁 장경으로서 각각 서로 반대 방향의 견치의 첨두와 제1대구치의 근심 협측 교두정 간의 거리를 말한다. 그래서 총 6부위의 거리를 측정하였으며, 모든 측정부위는 해부학적인 형태에 근거하여 직선거리를 측정하였다.

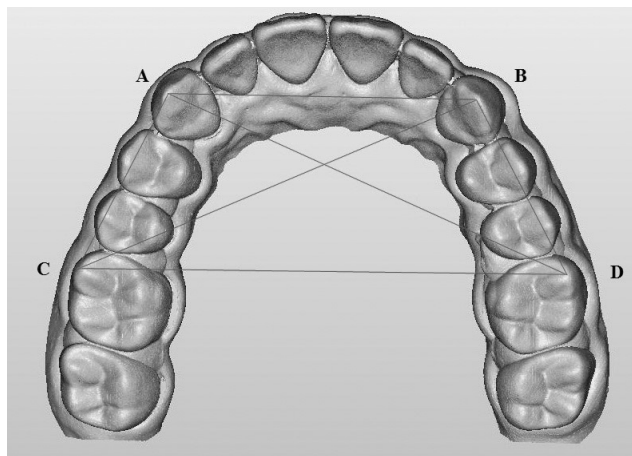


Fig. 2. Reference points on the specimen

3. 석고 모형의 계측지점 측정

석고 모형을 계측 지점을 측정하기 위하여 소수점 둘째 자리까지 측정이 가능한 디지털 버니어 캘리퍼스(CD-20PSX, Mitutoyo Corp, Japan)를 이용하였다. 오차를 최대한 줄이기 위하여 0.3mm의 샤프 펜을 이용하여 각 계

측지점에 미리 표시하였으며, 디지털 버니어 캘리퍼스를 이용한 측정 시 모형이 움직이는 것을 방지하기 위하여 <Fig. 3>와 같이 서베이어 테이블위에 모형을 고정한 후 측정하였다.



Fig. 3. Measurement of stone model using digital vernier calipers

4. 디지털 모형의 계측지점 측정

석고 모형의 계측이 끝난 후 디지털 모형의 계측을 실시하기 위하여, 치과용 스캐너(Identica, Medit, Korea)를 이용하여 석고 모형을 디지털 모형으로 재현하였다. 재현

된 디지털 모형을 대상으로 <Fig. 4>와 같이 각 계측 부위의 거리를 프로그램(Delcam Copy CAD, Delcam plc, Birmingham, UK)을 이용하여 각 측정부위의 거리를 측정하였다.

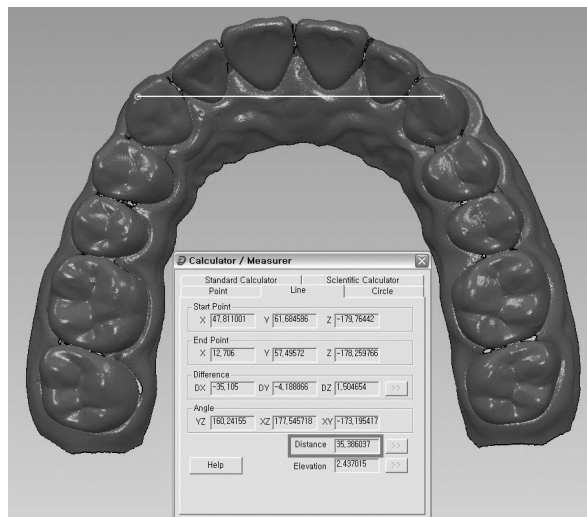


Fig. 4. Measurement of digital model using Delcam Copy CAD program

5. 통계 분석

석고 모형에서의 계측치와 디지털 모형에서의 계측치를 비교하기 위하여 비 모수 검정인 Mann-Whitney U test를 시행하였으며, 제 1종 오류는 0.05로 하였다(유의 수준 95%). 모든 통계 분석은 IBM SPSS statistics 20 프로그램을 이용하였다.

III. 결 과

석고 모형과 디지털 모형의 각 계측지점에 대한 거리를 측정된 결과는 <Table 1>과 같다. A-B 견치간 폭경의 평균(표준편차) 길이는 석고모형과 디지털 모형 각각 35.57(0.15)mm, 35.25(0.27)mm이었으며, C-D 구치 간 폭

경은 각각 55.37(0.38)mm, 55.02(0.33)mm이었다. 또한 A-C 우측 치열궁 장경의 길이는 각각 22.57(0.36)mm, 22.30(0.09)mm이었고, B-D 좌측 치열궁 장경의 길이는 22.75(0.24)mm, 21.73(0.44)mm이었다. A-D 대각선 치열궁장경의 길이는 각각 50.45(0.32)mm, 49.83(0.25)mm이었으며, 또 하나의 대각선 치열궁 장경은 B-C의 거리는 49.45(0.38)mm, 48.82(0.29)mm인 것으로 나타났다.

전체적으로 봤을 때 석고 모형 상태에서 디지털 버니어 캘리퍼스를 사용하여 측정된 값보다 디지털 모형으로 재현 후 캐드 프로그램을 이용하여 측정된 값이 더 작은 값을 보였다. 그러나 C-D, A-C에서 측정된 거리는 통계적으로 유의한 차이를 보이지 않았으며 (p>0.05), 반면 A-B, B-D, A-D, B-C의 거리에서는 두 모형 간 통계적으로 유의한 차이를 나타내었다 (p<0.05).

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

Measurements	N	Stone models	Digital models	p-value
A-B	20	35.57(0.15)	35.25(0.27)	0.007
C-D	20	55.37(0.38)	55.02(0.33)	0.112
A-C	20	22.57(0.36)	22.30(0.09)	0.130
B-D	20	22.75(0.24)	21.73(0.44)	0.000
A-D	20	50.45(0.32)	49.83(0.25)	0.001
B-C	20	49.45(0.38)	48.82(0.29)	0.002

IV. 고 찰

본 연구에서는 치과용 스캐너 전용 석고를 이용하여 제작된 모형을 3차원 디지털 모형으로 전환하였을 때, 석고 모형을 얼마만큼 정확하게 디지털 모형으로 전환할 수 있는가를 알아보기 위한 연구로서 정확도를 평가하기 위한 계측지점을 총 6부위를 지정하였다. 1차적으로 치과용 스캐너 전용 석고로 제작된 석고 모형을 디지털 버니어 캘리퍼스로 측정된 후 치과용 스캐너로 변환시킨 디지털 모형을 2차적으로 캐드 프로그램을 이용하여 측정하였다. 각각의 모형에 측정된 부위를 기준으로 Mann-Whitney U test을 실시하여 평균을 비교한 결과 석고 모형보다 디지털 모형의 수치가 약간 작은 것으로 조사되었으며, 몇

몇 부위(A-B, B-D, A-D, B-C)에서는 통계적으로 유의한 차이를 보였다.

본 연구결과처럼 디지털 모형이 석고 모형보다 작게 측정된 이유는 다양하겠으나, 그 중 하나는 스캐너의 정밀성의 부족함이라 할 수 있겠다. 스캐너를 이용한 석고 모형의 스캐닝 작업 도중 치아와 치아 사이에 존재하는 엠브레져(embrasure) 등과 같은 부위의 재현성이 결여되는 점 등이 본 연구 결과에 영향을 미친 것으로 판단된다. SI Bak은 레이저 스캐너를 이용한 스캐닝 작업 시 치아 사이의 엠브레져가 소실되는 경향을 보인다고 보고하였고(SI Bak, 2006), 이와 같은 선행 연구는 본 연구 결과의 타당성을 뒷받침할 수 있을 것으로 사료된다.

치과용 스캐너의 종류로는 스캐닝을 하는 방식에 따라

접촉식과 비접촉식으로 구분 되는데, 본 연구에서 사용한 스캐너의 스캐닝 방식은 비접촉식 방식 중에 하나인 백색광+CCD 카메라를 이용한 스캐닝 방식이다. 현재 시판되고 있는 접촉식 스캐닝 방법을 이용한 스캐너의 경우 스캐닝이 매우 정밀한 반면 모형의 데이터를 얻기 위해서는 시간이 오래 소요된다는 단점이 있고(Persson, 1995), 반면 비접촉식 스캐너의 경우 접촉식 방법에 비교하였을 때 시간이 적게 소요된다는 장점이 있으나 난반사 등으로 인하여 우각부위와 같은 모서리 부분의 정밀한 스캐닝이 다소 어려운 단점이 있다(Kobayashi et al, 2000). 또한 본 연구에서 사용된 백색광(레이저)+CCD 카메라를 이용한 비접촉식 스캐닝 방식은 CCD 카메라의 해상도에 따라 스캐닝이 끝난 디지털 모형의 해상도에 영향을 미친다는 점, 특히 백색광의 경우 난반사가 생길 수 있어 사용하는 모형재의 색상에 제한점이 있는 단점으로 지적되고 있다.

현재 치의학 분야는 캐드캠 시스템을 이용한 보철물 제작이 증가하고 있음에 따라 디지털 모형에 근거로 하여 해당 보철물을 제작하는 비중이 높아질 것이다. 캐드캠 시스템을 이용한 보철물 제작 시 해당 보철물의 성패를 결정짓는 요소로서 해당 재료의 완성도, 가공 장비의 정밀성 등의 여러 가지가 있겠으나, 그 중에 가장 유념해야 될 사항은 해당 작업 모형이 정확하게 채득된 디지털 모형 일 것이다. 이는 곧 스캐너의 정밀성을 의미하며, 앞으로 제작될 치과용 캐드캠 시스템의 경우 스캐너의 정밀성이 완성된 보철물의 성패를 좌우하는 요소 중 하나일 것으로 예측 된다.

본 연구에서는 치과용 스캐너 전용 석고를 이용하여 석고 모형 제작 후 디지털 모형으로 전환 시 석고 모형을 얼마만큼 정확하게 재현할 수 있는지 알아보기 위하여 디지털 모형의 정확도를 평가하였다. 그 결과 석고 모형보다 디지털 모형이 약간 작게 채득되는 것을 알 수 있었으며, 원인으로는 인접치간 접촉부위의 재현도가 떨어지는 것으로 판단된다. 하지만 본 연구의 일반화에는 일정 정도의 한계점을 가지는데, 단일 모형재와 백색광+CCD 카메라를 사용하여 정확도를 평가하였다는 점이다. 현재 다양한 치과용 스캐너 전용 석고가 시판되어 있음에 따라 추후에 수행될 연구에서는 다양한 모형재를 이용하여 여러 가지 층례로 많은 수의 모형들을 제작한 뒤 그 모형들로 부터

제작된 디지털 모형의 정확도를 평가하여야 할 것이다. 이와 더불어 스캐닝 방식에 따른 정밀성의 차이도 검증되어야 할 것으로 사료된다.

V. 결 론

제한된 조건 하에서 수행된 본 연구에서는 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 측정된 6 지점(A-B 견치간 폭경; C-D 구치 간 폭경; A-C, B-D 치열궁 장경; A-D, B-C 대각선 치열궁 장경)모두에서 치과용 스캐너 전용 석고를 이용하여 제작된 석고 모형보다 석고 모형을 재현한 디지털 모형이 더 작은 수치로 측정되었다.

2. 석고 모형과 디지털 모형에서 측정된 부위의 평균을 비교하기 위하여 Mann-Whitney U test를 실시한 결과 C-D, A-C에서는 통계적 유의한 차이를 보이지 않았으나($p > 0.05$), A-B, B-D, A-D, B-C에서는 통계적으로 유의한 차이를 보이며($p < 0.05$), 디지털 모형이 석고 모형보다 더 작은 값을 나타내었다.

이와 같은 결론으로 비추어 볼 때, 앞으로 전통적인 석고 모형과 일치하는 디지털 모형을 재현하기 위해서는 모형재와 스캐너의 정밀성 모두 앞으로 개선되어야 할 것으로 보인다. 분명한 것은 치과 보철물을 제작하는데 있어서 캐드캠의 비중이 높아질 것은 자명하기 때문에 앞으로 많은 연구를 통하여 수정 보완이 된다면 가까운 미래에 완벽한 디지털 모형의 제작이 가능할 것으로 사료된다.

REFERENCES

- Anusavice KJ. Phillips' science of dental materials. 11th ed. Philadelphia: W.B. Saunders, 621-654, 2003.
- Creed B, Chung HK, Jeryl DE, James JX, Robert P.

- Lee. A comparison of the accuracy of linear measurements obtained from cone beam computerized tomography images and digital models. *Semin Orthod*, 17, 49–56, 2011.
- Jae-Hong Kim, Ki-Baek Kim, Hae-Young Kim, Jung-Ae Kim, Woong-Chul Kim, Ji-Hwan Kim. Reliability, accuracy of evaluations obtained from CEREC AC system digital impression: an in-vitro study. *The Journal of Korean Academy of Dental Technology*, 34 (2), 121–128, 2012.
- Kobayashi Y, Lee G, Hotta Y, Fujiwara N, Miyazaki T. The effect of proximal teeth on the digitizing accuracy of the shoulder margin of the crown abutment by a laser digitizer equipped in an experimentally developed CAD/CAM device. *J Showa Univ Dent Soc*, 20, 158–164, 2000.
- Luthardt RG, Kuhmstedt P, Walter MH. A new method for the computer-aided evaluation of three-dimensional changes in gypsum materials. *Dent Mater*, 19, 19–24, 2003.
- Mörmann WH, Brandestini M. In: State of the art of CADS/CAM restorations: 20 years of CEREC (Mörmann WH) London. Quintessence, 1–8, 2006.
- Persson M, Andersson M, Bergman B. The accuracy of a high-precision digitizer for CAD/CAM crowns. *J Prosthet Dent*, 74, 223–229, 1995.
- Sang-Ik Bak. The comparison between manual and 3D-digital measurement in dental cast measurements according to the degree of crowding. Korea University Graduate School of Clinical Dentistry, Department of Orthodontics, Masters degree, 2006.
- Witkowski S. (CAD-)/CAM in dental technology, *Quintessence Dent Technol*, 28, 169–184, 2005.