

총의치 제작을 위한 무치악 디지털 모형의 정확도 평가

김원수 · 김기백^{1†}

대전보건대학교 치기공과, ¹고려대학교 보건과학대학 보건과학연구소

Evaluation of Validity of Edentulous Digital Model for Complete Denture Fabrication

Won-Soo Kim and Ki-Baek Kim^{1†}

Department of Dental Laboratory Technology, Health Institute of Technology, Daejeon 34504,

¹Institute for Health Science, College of Health Science, Korea University, Seoul 02841, Korea

One of the most critical causes in determining the clinical outcomes of dental prostheses is the validity of models. However, studies that evaluated validity of digital models are few. The objectives of this study were to evaluate validity of edentulous digital models for full denture fabrication. Twenty stone models (edentulous model) were manufactured and scanned by dental blue light emitting diode scanner. Twenty digital models were manufactured. Six linear distances (inter-canine distance, inter-molar distance, two dental arch lengths (right, left), two diagonal of dental arch lengths (right, left) were measured for validity evaluation. The measurements of distances of stone models were used by digital vernier caliper and digital models were used by computer program. The mean \pm deviations values of six distances were calculated. The means were compared by the Mann Whitney U test ($\alpha=0.05$). All statistical analysis were performed using IBM SPSS Statistics ver. 20.0. Although digital models were smaller than stone models in six distances, there were no significant differences ($p > 0.05$) and non exceeded the clinical acceptable range. The edentulous digital models for full denture fabrication can be considered clinically acceptable.

Key Words: Dental computer aided design-computer aided manufacturing, Digital model, Full denture

서론

최근 사회 전반적으로 의료기술의 발달과 함께 평균 수명 100세 시대가 예상되면서 건강증진에 대한 관심이 고조되고 있다. 건강유지에 가장 중요한 요건 중 하나는 저작 기능이다. 저작 기능은 영양 섭취와 직결되므로 구강 기능 유지는 무엇보다 중요하다¹⁾. 노령화가 진행될수록 구강 질환 및 외상 등으로 다수의 치아 상실을 경험할 수 있으며, 이럴 경우 의치 혹은 임플란트 치료가 반드시 필요하다. 임플란트의 경우 환자 개인별 건강 상태 및 구강 환경 등에 따라 금기증이 적용되므로 의치를 선택하는 환자가 증가할 것으로 예상된다.

의료기술 발달과 함께 치과 진료 방식 또한 많은 발전을 거듭하였다. 특히 컴퓨터를 이용한 치과 진료 시스템은 많은 변화를 가져왔는데, 치과용 캐드캠(computer aided design-computer aided manufacturing)은 종전의 보철물 제작 기술과는 많은 차별성을 갖고 있다²⁾. 초창기의 치과용 캐드캠 시스템은 주로 인레이, 온레이, 관교의치 등과 같은 고정성 보철물만 제작이 가능하였다. 그러나 몇몇 선행 연구에서는 이들뿐만 아니라 다양한 가철성 보철물 및 악안면 보철물, 가철성 국소의치 제작을 위한 금속 구조물, 고정성 임플란트 보철물 등 치과용 캐드캠 시스템을 이용하면 제작이 가능하다고 보고되었다³⁾. 또한 몇몇의 선행 연구에서는 무치악 환자를 위한 총의치도 치과용 캐드캠을 이용하여 제작이

Received: May 19, 2015, Revised: June 5, 2015, Accepted: June 12, 2015

ISSN 1598-4478 (Print) / ISSN 2233-7679 (Online)

†Correspondence to: Ki-Baek Kim

Institute for Health Science, College of Health Science, Korea University, 145 Anam-ro, Seongbuk-gu, Seoul 02841, Korea
Tel: +82-2-3290-5620, Fax: +82-2-916-5943, E-mail: kimkb@korea.ac.kr

Copyright © 2015 by the Korean Society of Dental Hygiene Science

© This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

가능하다고 보고하였다⁴⁻⁷⁾.

총의치의 제작은 예비 인상으로부터 제작된 예비 모형을 토대로 환자의 구강에 적합한 개인용 트레이를 제작하고, 그를 이용한 최종인상 채득을 통하여 작업모형을 제작하게 된다. 제작된 작업모형에 기초상 및 교합제를 제작하고, 교합제 위에 인공치아를 배열한다. 배열이 끝난 왁스 의치는 플라싱(flasking)을 통한 매몰, 온성과정을 통하여 레진이 전입될 음형의 몰드를 형성하게 되고, 형성된 음형 내에 병상상태의 레진을 전입, 중합하게 된다. 중합이 끝난 총의치는 연마과정을 최종적으로 수행하게 되는데, 이처럼 총의치의 제작 과정은 너무도 많은 단계를 거쳐야 하며, 결코 이 과정은 쉽지 않다. 따라서 작업하는 치과의사, 치과위생사 및 치과기공사에게는 많은 숙련도를 요한다.

또한 대부분의 보철물들이 그러하지만 특히 총의치는 환자의 구강 환경뿐만 아니라 안면과의 조화도 매우 중요한 고려사항이 된다. 이를 위해 환자의 내원횟수가 4~5회 되는데, 잦은 내원을 통해 제작 과정 도중의 총의치를 구강에 시적해보고, 필요시 수정을 거쳐 보철물을 완성하게 된다. 총의치 환자의 경우 다른 보철치료를 위한 환자들보다 평균 연령이 높은 것을 고려할 때 내원 횟수의 증가는 환자에게 부담이 될 수 있다. 환자의 내원 횟수가 증가할 때마다 치료 비용이 올라가고, 기공실 제작 업무시 재료와 시간의 소모가 많고, 사용되는 재료의 경우 중합 수축으로부터 기인한 치은과 의치상과의 긴밀한 접촉이 어려우며, 재제작이 불가능한 점 등은 단점으로 지적된다. 이 중에서도 특히 환자의 내원 횟수가 많은 것과 치료비용이 비싼 점은 미국 내 많은 치과의사들이 총의치 치료를 기피하고 있는 가장 큰 원인 중 하나라고 보고되었다⁸⁾.

치과용 캐드캠을 이용한 총의치 제작법이 최근 가능해지고 있는데, 앞서 언급한 기존 제작법의 많은 단점을 개선시켜준다⁹⁾. 첫째는 환자의 내원 횟수가 감소한다. 둘째는 레진 중합에 의한 의치상 제작이 아닌 프리폴리머 블록(prepoly-

mer block)을 가공하여 제작하므로 재료의 강도와 조직부와의 적합도가 기존의 재료보다 우수한 장점이 있다. 셋째 기존 재료와 비교하였을 때 의치 내 미생물의 침식을 억제하여 미생물로부터의 감염 위험이 적다. 넷째 제작된 보철물의 정보는 컴퓨터 데이터로 저장되므로 언제든지 재제작이 가능한 점 등의 장점이 있다⁹⁾.

많은 장점이 있으나 현재 치과용 캐드캠을 이용한 총의치 제작과 관련한 연구는 부족한 실정이다. 제작이 성공적이기 위해서는 많은 요구 사항이 있었으나 특히 중요한 것 중에 하나는 환자의 구강과 정확하게 일치하는 디지털 모형의 제작이다¹⁰⁾. 때문에 본 연구에서는 치과용 캐드캠 시스템을 이용한 총의치 제작 시 제작하게 되는 무치악 환자를 위한 디지털 모형의 정확도를 평가하여 앞으로 치과용 캐드캠을 이용한 총의치 제작을 고려하는 해당 임상가들(치과의사, 치과위생사, 치과기공사 등)에게 참고자료를 제시하고자 한다.

연구대상 및 방법

1. 연구 대상

본 실험을 위해 무치악인 상악 모형을 연구 모형으로 채택하였다(Fig. 1). 채택된 연구 모형을 대상으로 치과용 실리콘(Deguforn; DeguDent GmbH, Hanau-Wolfgang, Germany)을 이용하여 동일한 형태의 음형 몰드를 20개를 제작하였다. 제작된 20개의 몰드에 치과용 스캐너 전용 석고(Everast Rock; KaVo Dental GmbH, Biberach/Riß, Germany)를 주입하였으며, 주입을 위한 석고와 물 혼합 시 혼수비는 제조사의 권장사항에 따랐다. 석고 혼합물을 주입한 후 약 1시간 경과 후 몰드에서 안전하게 모형을 빼냄으로써 Fig. 1A와 같은 석고 모형 20개를 완성하였다.

20개의 석고 모형을 디지털 모형으로 변환하기 위하여 치과용 스캐너를 이용하였다. 최근 스캔 속도와 스캔 정밀성이 검증된 blue light emitting diode 기반의 치과용 스캐너

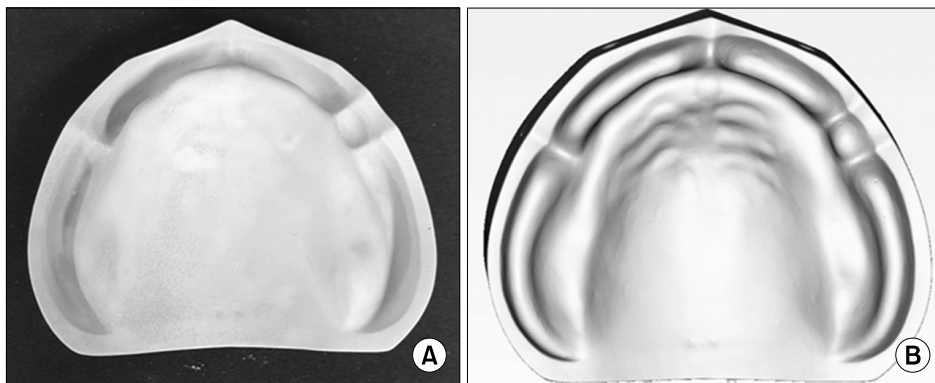


Fig. 1. Study models. (A) Stone model, (B) digital model.

(Identica Blue; Medit, Seoul, Korea)를 채택하였으며, 본 스캐너를 이용하여 앞서 제작된 20개의 석고 모형을 토대로 Fig. 1B와 같은 20개의 디지털 모형 제작을 완성하였다. 스캔 전 제작된 모형의 정확도 측정 시 정확도 향상을 위하여 석고 모형에 펜으로 지점을 표기한 후 스캔을 수행함으로써 스캔된 디지털 모형 측정 시 일치되도록 하였다(Fig. 2). 제작된 20개의 디지털 모형은 디지털 측정을 위하여 각각 STL file로 저장하였다.

2. 연구 방법

1) 모형의 정확도 측정을 위한 계측지점 선정

제작된 석고 모형 20개와 디지털 모형 20개의 정확도를 평가하기 위하여 각 모형에 계측지점을 선정하였는데, 선행 연구¹¹⁾에 근거하여 Fig. 2와 같이 선정하였다. 'A'는 상악 우측 견치 위치로 선정하였으며, 'B'는 상악 좌측 견치, 'C'는 상악 우측 제1대구치의 위치로 선정하였고, 'D'는 상악 좌측 제1대구치의 위치로 선정하였다. 4개의 지점을 기준으로 측정거리를 Table 1과 같이 정의하였다. 직선 AB

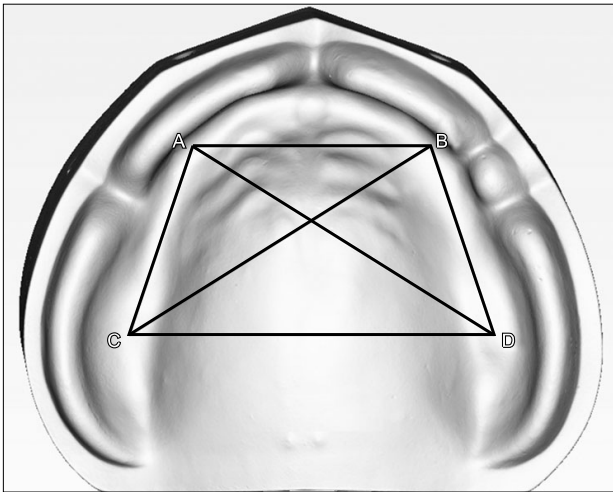


Fig. 2. Four reference points and six distances.

Table 1. The Definitions of Measurement Distances

Distances	Definitions
AB	The inter-canine distance
CD	The inter-molar distance
AC	The right dental arch length
BD	The left dental arch length
AD	The right diagonal of dental arch
BC	The left diagonal of dental arch

는 '견치간 폭경', 직선 CD는 '구치간폭경', 직선 AC, BD는 '치열궁장경', 직선 AD, BC는 '대각선치열궁장경'으로 정의하였다.

총 4개의 지점을 기준으로 6개의 거리를 측정하는 방식으로 석고 모형과 디지털 모형의 정확도를 측정하였고, 측정 시 무치악 치조정의 조직부 굴곡에 대한 변수를 배제하고자 각 거점별 직선거리를 측정하였다(Fig. 2).

2) 석고 모형 측정(stone group, 대조군)

석고 모형의 측정은 아날로그 방식으로 진행되었다. 먼저 측정 시 모형이 흔들리는 것을 방지하기 위하여 Fig. 3과 같이 치과용 surveyor table을 이용하여 모형을 강하게 고정시켰다. 고정된 석고 모형 표면에 정확한 측정을 위하여 앞서 기술한 reference point에 0.3 mm의 샤프펜을 이용하여 표기하였다. 모형에 표기가 끝난 후 측정은 mm 단위로 소수점 둘째 자리까지 계측이 가능한 디지털 밀립자(CD-20PSX; Mitutoyo Corp, Kawasaki, Japan)를 이용하였고 앞서 기술한 석고 모형의 계측지점을 토대로 측정하였다(Fig. 3).

3) 디지털 모형 측정(digital group, 실험군)

석고 모형으로부터 변환된 20개의 디지털 모형의 측정은 컴퓨터 프로그램(Delcam Copy CAD; Delcam plc, Birmingham, UK)을 이용하였다. 디지털 모형 제작 시 측정에 방해가 될 수 있는 부분인 모형의 기저면 등과 같은 부분은 미리 삭제하였다. 정돈된 디지털 모형은 컴퓨터 프로그램을 이용하여 Fig. 4와 같이 측정되었다.



Fig. 3. Measurement of stone group.

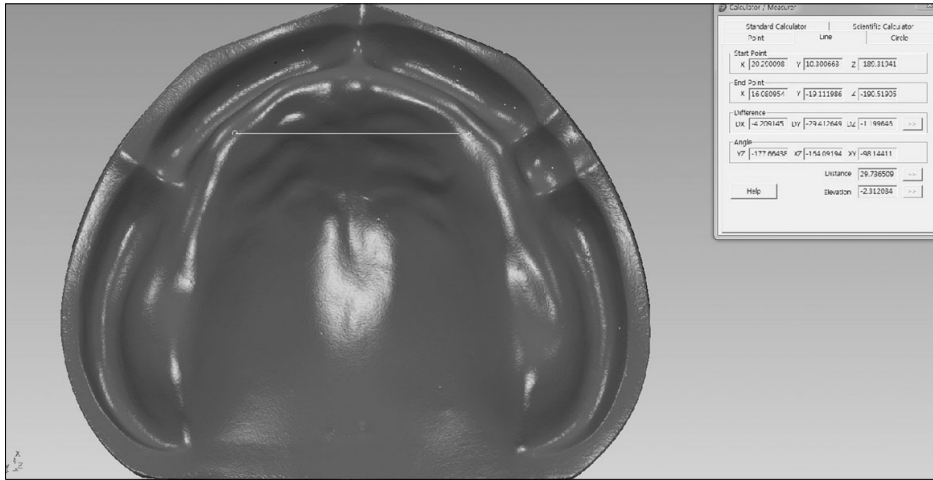


Fig. 4. Measurement of digital group.

Table 2. Mean ± Standard Deviation for the Distances Measured from Stone and Digital Models (unit: mm)

Distances	n	Group		Absolute differences ^a	p-value ^b
		Stone	Digital		
AB	20	29.92±0.36	29.87±0.55	0.05	0.875
CD	20	40.61±0.63	40.45±0.49	0.15	0.657
AC	20	21.20±1.08	20.75±0.58	0.45	0.346
BD	20	21.92±0.56	21.48±0.64	0.44	0.192
AD	20	40.77±0.69	40.66±0.17	0.11	0.747
BC	20	41.67±1.52	41.24±1.08	0.43	0.426

^aThe mean of stone group-the mean of digital group, ^bobtained by the Mann-Whitney U test.

4) 통계분석

두 집단(stone group, digital group)에서 측정된 각 6개의 계측지점에 대한 평균과 표준편차를 산출하였고, 산출된 두 집단의 평균을 비교하기 위하여 비모수 검정인 Mann-Whitney U test를 이용하였다. 제1종 오류는 0.05로 설정하였으며, 본 연구에서 사용된 모든 통계 분석은 IBM SPSS Statistics ver. 20.0 (IBM Co., Armonk, NY, USA) 프로그램을 이용하였다.

결 과

두 집단(stone group, digital group) 총 40개의 시편에서 측정된 6개의 계측 거리에 대한 평균과 표준편차는 Table 2와 같다. 견치간 폭경(AB)은 석고 모형 29.92±0.36 mm, 디지털 모형 29.87±0.55 mm였으며, 구치간폭경은 석고 모형과 디지털 모형이 각각 40.61±0.63 mm, 40.45±0.49 mm였다. 치열궁장경은 우측이 석고 모형은 21.20±1.08 mm, 디지털 모형은 20.75±0.58 mm였고, 좌측은 석고 모형 21.92±

0.56 mm, 디지털 모형 21.48±0.64 mm였다. 끝으로 대각선 치열궁장경에서는 우측의 경우 석고 모형과 디지털 모형이 각각 40.77±0.69 mm, 40.66±0.17 mm로 측정되었으며, 좌측은 각각 41.67±1.52 mm, 41.24±1.08 mm로 측정되었다 (Table 2).

평균의 차이로 보았을 때 측정된 6개의 거리 모두 석고 모형보다 디지털 모형이 대체적으로 짧은 것으로 조사되었으며, 그 차이는 0.05~0.45 mm까지 나타났다(Table 2). 두 집단의 평균이 유의한지 알아보기 위하여 수행한 Mann-Whitney U test 결과에서는 측정된 6개의 거리 모두 두 집단의 평균이 유의하지 않았다(p>0.05; Table 2).

고 찰

본 연구는 최근 무치악 환자를 위한 총의치 제작이 아날로그 방식에서 치과용 캐드캠을 활용한 디지털 제작 방식으로 전환되고 있음에 따라 총의치 제작을 위한 디지털 모형의 정확도를 평가하고자 하였다. 이를 위해 4개의 거점 선정 후 6개의 측정 거리를 설정한 후 측정된 뒤 두 집단의 평균을 비교하였다. 그 결과 측정된 6개의 거리 모두에서 석고 모형보다 디지털 모형이 다소 짧은 것으로 조사되었으나 통계적으로 유의하지 않았다(p>0.05).

지난 몇 년간 보철물 제작 기술은 많은 발전을 거듭하였는데, 치과용 캐드캠은 보철물을 제작하는 데 있어서 기존의 아날로그 방식의 많은 단점을 보완하여 준다²⁾. 치과용 캐드캠을 이용한 보철물 제작방식의 가장 첫 번째 순서는 아날로그 모형의 디지털 모형으로의 변환이다. 정확하지 못한 모형을 이용한 보철물 제작은 그 결과물 또한 실패할 확률이 크므로, 모형의 정확성은 성공적인 보철물 제작에 있어

서 가장 필요한 요구조건 중에 하나이다¹¹⁾. 지난 아날로그 보철물 제작 방식에서는 석고 모형의 정확도가 보철물 성패에 영향을 미쳤듯이 치과용 캐드캠을 이용한 보철물 제작 방식에서는 디지털 모형의 정확도가 보철물의 성패에 영향을 미친다. 그러나 디지털 모형의 정확도를 분석한 선행 연구는 그 정보가 매우 부족하다. 때문에 본 연구에서는 치과용 캐드캠을 이용하여 무치악 환자를 위한 총의치 제작 시 사용되는 디지털 모형의 정확도를 평가하여 해당 임상가(치과 의사, 치과위생사, 치과기공사)들에게 참고자료를 제시하고자 하였다는 점에서 의의가 있다고 생각된다.

본 연구 결과에서는 기존 아날로그 모형보다 디지털 모형이 다소 작게 제작된다는 것을 알 수 있었다. 그 차이를 평균을 기준으로 참고하여 보았을 때 아날로그 모형보다 디지털 모형이 계측지점 별로 적게는 0.05 mm에서 많게는 0.45 mm 까지도 작은 것을 알 수 있었고, 이는 통계적으로 유의하지 않았다. 이에 대한 원인으로서는 여러 가지가 있겠으나 가장 큰 원인은 첫째 측정 방식의 차이로 생각된다. 아날로그 모형의 경우 디지털 밀립자를 이용하여 직접 수작업에 의한 측정이 진행되었으나 디지털 모형의 경우 컴퓨터 모니터를 활용한 디지털 모형의 직선적인 거리에 의존하여 측정이 진행되었다. 디지털 모형의 경우 컴퓨터 프로그램을 이용하여 직선거리의 정확한 측정이 가능하지만, 디지털 밀립자를 이용한 석고 모형의 계측거리 아날로그 측정 시 컴퓨터 프로그램만큼 정확한 직선거리 선정의 가능성 여부 등이 오차로 작용했을 것으로 생각된다. 디지털 밀립자를 활용한 아날로그 모형의 계측 방법이 편리성과 정확성의 장점으로 많이 사용되기는 하지만¹²⁾, 보다 정밀한 계측을 위한 안정적인 방법이 새로 소개되어야 할 것으로 보인다. 둘째는 계측 지점의 재현으로 생각되는데, 치아가 없는 무치악 모형이므로 정확한 견치의 위치와 제1대구치의 위치 선정에 다소 무리가 있었을 것으로 생각된다. 본 연구에서는 이러한 오차를 최소화 시키고자 석고 모형에 미리 계측 지점 표기 후 표기된 모형을 스캔함으로써 동일한 시편들 간의 동일한 계측지점 선정이 될 수 있도록 노력하였다.

몇몇 선행 연구를 참고하였을 때 아날로그 모형보다 디지털 모형이 대부분 적게 계측되었다고 보고되었다¹³⁻¹⁵⁾. 이들 연구결과들을 볼 때 석고 모형보다 디지털 모형이 0.2~0.3 mm¹³⁾, 0.16~0.49 mm¹⁴⁾ 그리고 0.5 mm¹⁵⁾ 내외로 작게 계측되었다고 보고하였으나 이 수치는 미비하므로 임상 적용에는 지장이 없을 것이라고 보고하였다. 비록 앞서 언급한 선행 연구들의 연구 모형이 유치악 모형이긴 하지만 이들 연구 결과들에 본 연구 결과를 비추어 보았을 때 무치악 환자를 위한 총의치 제작 시 치과용 캐드캠 활용을 위해 제작

되는 무치악 디지털 모형은 임상적으로 허용이 가능한 정도의 오차로 생각된다.

본 연구에서는 치과용 캐드캠을 이용하여 총의치 제작 시 이용되는 무치악 디지털 모형의 정확도를 평가하여 보았다. 비록 아날로그 모형보다 작게 제작되는 것을 알 수 있었으나 선행 연구 결과로 미루어 보았을 때 임상적으로 허용이 가능할 것으로 생각된다. 하지만 본 연구에서 단일 증례만을 이용하여 디지털 모형의 정확도를 평가하고, 단일 치과용 스캐너만을 이용한 것과, 단순 계측거리만을 이용하여 모형의 정확도를 평가한 점 등은 한계점으로 지적된다. 추후에 진행될 무치악 디지털 모형의 정확도와 관련한 연구에서는 이런 한계점을 보완한 연구가 진행되어야 할 것으로 생각된다.

한편 사회 평균 수명이 높아짐에 따라 치아 건강 유지는 무엇보다 중요한데¹⁶⁾, 치과 보철물은 치아 상실 시 그 기능을 회복시켜준다. 최근 보철치료를 위한 치과 진료 방식 및 대부분의 보철물 제작 방식이 디지털 방식으로 교체되고 있으며, 앞으로 더욱 가속화될 것으로 보인다²⁾. 때문에 추후에도 계속적으로 이와 관련한 연구들이 활발히 진행되어야 할 것으로 사료되며, 디지털 모형의 정확도 평가 외에도 디지털 방식들로 제작된 최종 보철물들의 임상적 허용 여부를 위한 다양한 품질 평가 또한 활발히 진행되어야 할 것으로 생각된다.

요 약

성공적인 보철치료를 위해서 가장 필요한 선행조건 중 하나는 환자의 구강과 정확한 모형의 제작이다. 최근 치과용 캐드캠을 이용한 보철물의 제작 수요가 증가함에 따라 본 연구에서는 총의치 제작을 위한 디지털 모형의 정확도를 평가함으로써 해당 임상가(치과 의사, 치과위생사, 치과기공사)들에게 참고자료를 제시하고자 하였다. 이를 위해 기존 아날로그 제작 방식에 의한 석고 모형(대조군)과 이를 스캔하여 제작한 디지털 모형(실험군)을 각각 20개씩 제작 후 정확도 평가를 위한 6개의 계측지점을 선정하였다. 두 집단의 모형에서 측정된 6개의 계측지점의 평균을 비교 평가하는 방식으로 디지털 모형의 정확도를 평가하였다.

본 연구 결과 치과용 스캐너를 이용하여 제작된 디지털 모형이 아날로그 모형보다 작게 제작된다는 것을 알 수 있었으나 이는 통계적으로 유의하지 않았다. 또한 두 집단의 모형들에서 측정된 계측거리의 평균의 차이는 계측거리 별로 0.05~0.45 mm로 조사되었는데, 이러한 차이는 기존 선행 연구들에 근거하였을 때 그 정도가 미비한 것으로써 최

중 보철물의 성패에는 영향을 미치지 않는 것을 알 수 있었다.

최근 치과용 캐드캠을 이용한 보철물의 제작 수요는 증가하고 있는데 반해 디지털 모형의 정확도와 관련한 연구는 매우 부족한 것을 감안하였을 때 본 연구는 관련 실험을 통해 결과를 도출하여 해당 임상가(치과의사, 치과위생사, 치과기공사)들에게 참고자료를 제시하고자 하였다라는 점에서 의의가 있다고 생각된다. 본 연구 결과들을 종합하고, 선행 연구들의 결과에 비추어 보았을 때 치과용 캐드캠을 이용한 총의치 제작 시 제작되는 디지털 모형은 임상적으로 허용이 가능할 것으로 기대된다.

감사의 글

이 논문은 2014년도 대전보건대학교 교내연구비 지원에 의한 논문임.

References

1. Oh SH, Lee YJ, Lee YJ, Lee JM, Lee JH, Kim SH: A study on the recognition about national health insurance coverage of denture, implant of elderly people. *J Dent Hyg Sci* 14: 502-509, 2014.
2. Kim JH, Kim WS, Kim KB: Evaluation of marginal gap of fixed dental prostheses fabricated by soft metal material using dental CAD/CAM. *J Dent Hyg Sci* 14: 349-355, 2014.
3. Miyazaki T, Hotta Y, Kunii J, Kuriyama S, Tamaki Y: A review of dental CAD/CAM: current status and future perspectives from 20 years of experience. *Dent Mater J* 28: 44-56, 2009.
4. Maeda Y, Minoura M, Tsutsumi S, Okada M, Nokubi T: A CAD/CAM system for removable denture. Part I: fabrication of complete dentures. *Int J Prosthodont* 7: 17-21, 1994.
5. Kawahata N, Ono H, Nishi Y, Hamano T, Nagaoka E: Trial of duplication procedure for complete dentures by CAD/CAM. *J Oral Rehabil* 24: 540-548, 1997.
6. Goodacre CJ, Garbacea A, Naylor WP, Daher T, Marchack CB, Lowry J: CAD/CAM fabricated complete dentures: concepts and clinical methods of obtaining required morphological data. *J Prosthet Dent* 107: 34-46, 2012.
7. Inokoshi M, Kanazawa M, Minakuchi S: Evaluation of a complete denture trial method applying rapid prototyping. *Dent Mater J* 31: 40-46, 2012.
8. Christensen GJ: Removable prosthodontics: a forgotten part of dentistry. *Alpha Omegan* 99: 26-28, 2006.
9. Bidra AS, Taylor TD, Agar JR: Computer-aided technology for fabricating complete dentures: systematic review of historical background, current status, and future perspectives. *J Prosthet Dent* 109: 361-366, 2013.
10. Kim KB, Lee GT, Kim HY, Kim JH: The influence of different gypsum materials on the accuracy from complete arch digital impression. *J Dent Hyg Sci* 12: 617-623, 2012.
11. Kim JH, Kim KB: Evaluation of dimensional stability of digital dental model fabricated by impression scanning method. *J Dent Hyg Sci* 14: 15-21, 2014.
12. Creed B, Kau CH, English JD, Xia JJ, Lee RP: A comparison of the accuracy of linear measurements obtained from cone beam computerized tomography images and digital models. *Semin Orthod* 17: 49-56, 2011.
13. Santoro M, Galkin S, Teredesai M, Nicolay OF, Cangialosi TJ: Comparison of measurements made on digital and plaster models. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 124: 101-105, 2003.
14. Zilberman O, Huggare JA, Parikakis KA: Evaluation of the validity of tooth size and arch width measurements using conventional and three-dimensional virtual orthodontic models. *Angle Orthod* 73: 301-306, 2003.
15. Stevens DR, Flores-Mir C, Nebbe B, Raoud DW, Heo G, Major PW: Validity, reliability, and reproducibility of plaster vs digital study models: comparison of peer assessment rating and Bolton analysis and their constituent measurements. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 129: 794-803, 2006.
16. Ahn ES, Hwang JM, Shin MS: Dental utilization associated factors among elderly. *J Dent Hyg Sci* 15: 60-66, 2015.