

동영상 촬영방식의 구강스캐너로 채득된 전악치열 디지털모형의 정확도 분석 : CS-3600 시스템을 중심으로

김재홍

부산가톨릭대학교 보건과학대학 치기공학과

Accuracy of full arch digital model obtained from rendering-based intraoral scanner(IOS) : An example of CS-3600 system

Jae-Hong Kim

Department of Dental Laboratory Science, College of Health Science,
Catholic University of Pusan

[Abstract]

Purpose: The purpose of this study was to evaluate and compare the accuracy of definitive casts that are fabricated from digital intraoral impression and conventional impression technique.

Methods: A master model(ANNA-4, Frasco GmbH, Tettang, Germany) with the prepared upper full arch tooth was used. Conventional impression and then stone model(n=10) were produced from this master model, and on the other hands, digital impressions were made with the CS-3600 intraoral scanner(n=10). Six linear measurements were recorded between landmarks, directly on each of the stone models on two occasions by a single examiner. Measurements were made with a digital caliper to the nearest 0.01mm from manual models and with the software(Delcam PowerSHAPE) from the virtual models. The t-student test for paired samples and intraclass correlation coefficient(ICC) were used for statistical analysis.

Results: The measurement of two methods showed good reliability. The ICC of the two models were 0.88~0.91(stone model) and 0.94~0.99(digital model). The mean differences to master model for stone model and digital model were 0.10~0.14mm, and 0.14~0.20mm, respectively.

Conclusion: The definitive casts obtained with digital intraoral technique model had significantly larger dimensions as compared to those of the stone model. However, the differences to the master model detected appear to provide enough accuracy and reliability for clinical application.

◉ **Key words:** Accuracy, Clinical usefulness, Conventional impression, Digital model, Intraoral scanner

Corresponding author	Name	김재홍	Tel.	051-510-0593	E-mail	kjhong@cup.ac.kr
	Address	부산광역시 금정구 오륜대로 57, 부산가톨릭대학교 치기공학과				
Received	2020. 1. 31	Revised	2020. 2. 14	Accepted	2020. 2. 20	

I. 서론

석고모형은 오래 전부터 치과의 모든 영역에서 광범위하게 진단 및 치료계획 수립 시 중요한 기준으로 사용되어져 왔다(Akyalcin et al, 2013). McGuinness와 Stephenes가 1,000명 환자의 석고모형 보관을 위해 17m³의 공간이 필요하다고 보고 하였듯이 치료 종료 후에도 오랜 기간 석고모형을 보관하여야 하는 치과병원에서 석고모형은 많은 부담을 주는 자료이다(McGuinness et al, 1992). 아직 국내에서는 석고모형 보관기간에 대한 기준이 없으나 영국 교정학회는 석고모형을 11년간 또는 환자가 27세가 될 때까지 보관하도록 권장하고 있으며, 영국 소비자 보호원 역시 1987년에 이미 법-의학적 이유로 최소 11년간의 석고모형 보관이 필요하다고 하였다. 그러나 이러한 장기간 보관 중 석고모형은 파손, 분실 등의 문제가 있다(Mah et al, 2003).

컴퓨터 기술의 발전과 CAD/CAM 기술의 발달은 치의학 분야에 큰 변화를 가져왔다(Anadioti et al, 2014). 전통적인 인상채득 후 석고 모형에서 최종 보철물을 제작하던 방식은 구강 스캐너를 사용함으로써 디지털화된 모델 상에 최종 보철물을 디자인하는 방식으로 대체되고 있다. 이러한 변화는 기존의 트레이 선택의 과정, 인상재와 석고의 경화 과정 등 많은 임상 및 가공 과정을 단축시킬 수 있으며, 여러 과정의 단축에 따른 오차의 가능성 또한 줄일 수 있다(Boitelle et al, 2014; Vojdani et al, 2013). 또한 구강 스캐너는 인상 채득 시 스캔 영상을 화면을 통해 바로 확인하는 것이 가능하고, 잘못 채득된 부위만을 다시 스캔하여 간편하게 디지털 인상을 수정할 수 있다. 이렇게 채득한 스캔 영상은 바로 치과기공소로 전송할 수 있어서 작업 효율성을 높여주고 치과의사와 치과기공사에게 보철물 제작을 위한 원활한 의사소통을 가능케 한다(Christensen, 2009). 그리고 구강 내에 브라켓 등 교정장치가 있는 경우, 치주질환이 심하거나 언더컷이 심해 인상재를 이용한 인상채득에 한계가 있는 경우에도 구강스캐너로 디지털 인상을 채득하는 것이 가능하다. 이와 같은 장점으로 임플란트 보철 제작 시에도 구강스

캐너를 통한 디지털 인상 채득이 많이 이용되고 있는 실정이다(Van der Meer et al, 2012).

구강 스캐너의 인상 채득 정확성을 평가하는 연구들은 많이 발표되었으며, 계속 진행 중이다(Brawek et al, 2013; Seelbach et al, 2013; Pradies et al, 2015). 기존의 연구들에서는 간단한 단일 치아 수복물의 경우, 높은 스캔 정확성을 보였으며, 임상적으로 문제없이 적용 가능하였다. 하지만, 보철물의 길이가 길어지거나, 무치악 부위가 포함될 경우 구강 스캐너의 정확성이 영향을 받게 된다. 구강 스캐너의 경우 촬영된 영상이 중첩되면서 스캔 이미지가 형성되는데, 스캔 영역이 길어질수록 중첩 과정에서의 오차가 쌓이게 되며, 무치악 부위에서는 중첩과정에서의 기준이 되는 해부학적 지표가 없어서 정확한 중첩이 어렵다(Gimenez et al, 2015).

최근 다양한 구강스캐너가 출시됨과 함께 동영상 촬영 방식을 이용하여 구강을 직접 스캔하여 제작한 디지털 모형과 석고모형의 정밀성에 대한 비교연구가 보고되고 있다(Naidu et al, 2013). 현재 인상 채득 시 스캔 데이터의 반복재현성이나 반복측정안정성만을 비교하여 인상 채득의 정확성을 간접적으로만 비교하였을 뿐, 전악 치열모형의 직접적인 비교는 하지 않았다. 그러므로 다양한 방식의 구강스캐너에 대한 연구가 필요하며, 특히 CS-3600 system을 적용한 연구는 부족한 실정이다.

본 연구는 동영상 촬영 방식의 구강스캐너 CS-3600(Carestream Dental, Atlanta, USA)을 이용하여 표준화된 모형을 직접 스캔하여 채득된 디지털 모형과 석고 모형의 정확성을 비교한 후 임상적 유용성을 평가하기 위하여 시행되었다.

II. 연구 방법

1. 실험재료

1) 주모형 선정

자연치를 재현한 아크릴릭 구강모형(ANNA-4,

Frasaco GmbH, Tettwang, Germany)을 주 모형으로 선정하였다. 상악 전악치열로 구성되어 있으며 결손치가 없고 지대치 형성이 되지 않았으며, 충생이 전혀 없는 이상적인 악궁이다. 실제 환자의 구강 내 환경과 상이할 수 있으나, 스캐닝 작업 시 제약이나 오차를 사전에 방지하기 위해 선택하였다.

2) 석고 작업모형 제작

금속 기성 Tray(Osung, Seoul, Korea)를 사용하여 작업모형의 제작은 Two-step technique으로 vinyl polysiloxane-based material(EXAMIXFINE, GC Corp, Tokyo, Japan) 인상재를 사용하여 인상을 채득하였다. 5분후 주모형을 분리하고, 인상체 내면에 Wetting Agent를 도포한 후, Type IV 치과용 석고(GC Fujirock EP, GC Corp, Leuven, Belgium)를 제조사의 지시에 따른 혼수비(W/P)로 vacuum mixer system(Whip Mix, Louisville, USA)을 이용하여 30초간 혼합한 후 vibrator 상에서 기포가 생기지 않도록 조심스럽게 인상체에 넣어 1시간이 지난 다음 인상체에서 모형을 분리하였다(Fig. 1).

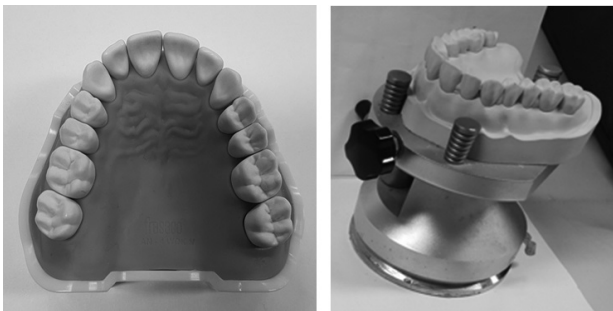


Figure 1. Master model & working model.

3) 구강스캐너(IOS)의 디지털 모형 취득

CS-3600은 공초점 원리에 의한 동영상 촬영 방식의 구강스캐너로 촬영 중 동시에 디지털 모형을 확인할 수 있다. 또한 색을 인식하여 color scanning이 가능하고 개인 노트북과 연결이 가능하며 진료실 안에서 더욱 간편하게 사용할 수 있다. 전반적인 치아의 교합면과 절단연을 훑듯이 스캔한 다음 협설측으로 스캐너를 기울여 영상을 붙여 나가는 방식으로 스캔하였다. 스캔 도중에 이중선이 발생하거나, 이미지의 정합이 실패했을

때는 처음부터 다시 스캔 작업을 하였으며, 최종적으로 획득한 3차원 영상은 데이터 분석을 위해 확장자STL file의 형태로 저장하였다(Fig. 2).

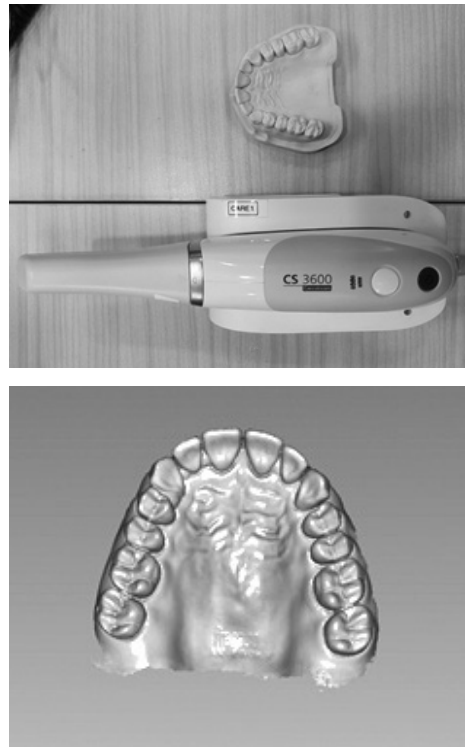


Figure 2. CS-3600 intraoral scanner & scanning process.

2. 실험방법

1) 계측지점 선정

전악치열 디지털모형의 정확성을 평가하기 위해 Creed 등의 연구에서 사용한 계측지점을 참고하여 본 연구에 맞게 수정하여 계측지점 총 6곳의 측정지점을 선정하였다(Creed et al, 2011). 상악 우측 견치 교두정을 A point, 상악 좌측 견치 교두정을 B point로 상악 우측 제 2대구치 근심협측 교두정을 C point, 상악 좌측 제 2대구치 근심협측 교두정을 D point로 정의하였으며, 우측 견치 치아의 치은연 최하방 지점을 E point로, 좌측 견치 치아의 치은연 최하방 지점을 F point로 정의하였다. 측정항목은 다음과 같다.

- 견치간 폭경(A-B) : 좌우 견치 교두정간의 거리. 해부학적인 정의에 따른 견치 교두정을 지정하여 최대

한 직선거리를 측정하였다.

- 제 2대구치간 폭경(C-D) : 좌우 제 2대구치 근심협측 교두정간의 거리. 견치 폭경의 방법과 동일하게 적용하였다.
- 치열궁 장경(A-C, B-D) : 기존 연구의 치열궁 장경은 양측 제 2대구치의 원심면을 연결하는 직선을 가정한 채 양측 중절치의 절연부의 중점으로부터 이 직선에 수선을 내려 거리를 계측하지만, 본 연구에서는 digital caliper를 이용하기에 가상선을 가정하기 어렵고 부정확하기에 양쪽 견치교두와 제 2대구치의 근심협측 교두의 직선거리를 측정하여 판단하였다.
- 임상 치관 길이(A-E, B-F) : 견치의 치은연 최하점에서 교두정의 중심점까지의 수직거리로 하였다. Digital caliper의 접근이 최대한 가능한 점을 측정하였다(Table 1).

Alcan 등의 연구(Alcan et al, 2009)에 근거하여 선 계측 지점을 3방향으로 나누어 가상의 X, Y, Z축으로 지정하기 위해, 교합면이 위로 향하도록 석고모형을 위

치 시켰을 때 모형 Frankfort plane에 평행인 수평면(axial plane)상에서 전치를 전방, 구치를 후방으로 하는 방향, 즉 전후방 관계는 Y 좌표축으로, 또 같은 수평면 상에서 위의 Y 좌표에 수직이 되는 협설 방향은 X 좌표축으로 임의 설정하였다. 그리고 수평면에 대해 수직이 되는 치아의 높이 방향, 즉 수직 방향은 Z 좌표축으로 하였다(Fig. 3).

2) 참값 측정

주모형의 참값을 도출하기 위해 0.7 μ m의 정밀성을 지니는 공업용 3차원 측정기(CONTURA, Zeiss, Korea)를 이용하여 전악 치열모형 측정지점의 중심좌표 값을 구하였다. 각 중심좌표 값의 이미지를 측정 소프트웨어를 이용하여 지점간의 거리를 측정하고, 참값(Gold standard)은 2회 측정결과를 평균으로 하였다.

3) 석고 작업모형 측정(manual measurement)

석고모형에서 4개의 치아를 선정하여 6가지의 치아간 거리를 측정하였으며 측정도구는 디지털 버니어 캘

Table 1. Measurement definitions

Plane	Reference point	Measurement	Definition
X	A - B	Inter canine Distance	Straight distance between the crown tips of the canines
	C - D	Inter molar Distance	Straight distance between the mesiobuccal cusp tip of the 2nd molars
Y	A - C	Dental arch length(Left)	Straight distance between the right canine cusp tip and right 2nd molar mesiobuccal cusp tip
	B - D	Dental arch length(right)	Straight distance between the left canine cusp tip and left 2nd molar mesiobuccal cusp tip
Z	A - E	Clinical crown length(Left)	Straight distance between the crown tip of the canine and deepest point of left canine buccal gingival curve
	B - F	Clinical crown length(Right)	Straight distance between the crown tip of the canine and deepest point of right canine buccal gingival curve

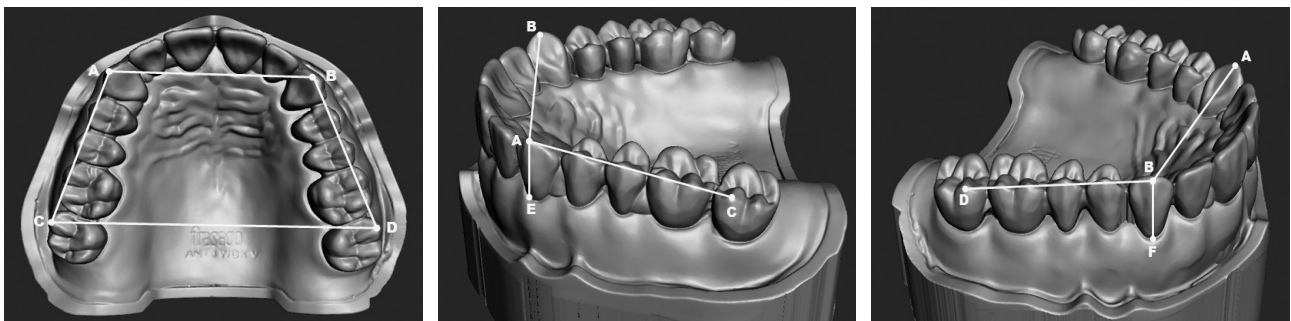


Figure 3. Reference points and linear measurement on the full arch digital model.

리퍼스(CD-20PS; Mitutoyo Corp, Japan)을 사용하였다. 계측지점의 부위를 정확하게 접근하기 위해 surveyor table에 모델을 고정하여 측정하였다. 보다 정확한 측정을 위해 계측지점을 각 부위별 정의에 따라 직경 0.1mm의 water pen을 이용해서 미리 표시를 해 두었다.

4) 디지털 모형 측정(virtual measurement)

획득된 데이터는 Delcam PowerSHAPE(Delcam plc, Birmingham, UK)를 사용하여 각 계측지점의 직선거리를 측정하였다. '모델 분석'이라는 도구 메뉴를 선택하여 data에 좌표를 지정한 후 두 좌표간의 거리를 계산하여 측정값을 도출하였다. 측정 시 가상 평면상에서 측정하기에 실제 모델과 혼동하여 다른 지점을 찾을 수 있기 때문에 표시해두었던 지점을 중심으로 측정을 하였다. 계측 시 검사자 내의 신뢰도를 평가하기 위해 동일한 측정자가 1주일 간격을 두어 2회 측정하였으며, 각각 10개 실험군의 반복 측정한 계측 값을 토대로 모형간의 정확도와 신뢰도를 평가하였다.

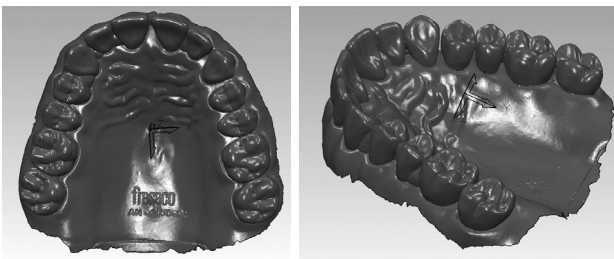


Figure 4. Virtual measurement.

5) 통계 분석

상기한 바와 같이 검사자 내 신뢰성, 인상채득 간의 정확성과 신뢰성을 분석하였다. 검사자 내 신뢰성은 급내 상관계수(ICC, Intra-class Correlation Coefficient) 분석방법을 이용하였으며, 급내 상관계수는 측정자와 측정값 사이의 상호작용이 없다는 가정 하에 이원배치 변량효과모형(two-way random effect model)을 사용하여 산출하였다. 주모형과 서로 다른 인상채득방법에 따른 모형의 각 계측치의 평균, 표준편차 및 계측치 차이의 평균 등의 기술적 통계

량을 제시하였다. 정확성 검정을 위하여 paired t-test를 시행하고, 신뢰성 평가를 위하여 급내 상관계수와 일치 한계값을 구하였다. 본 연구의 통계분석은 SPSS 21.0(Statistical Package for Social Science 21.0, SPSS Inc, Chicago, IL, USA)를 이용하였으며, 통계적 판단을 위한 제 1종 오류의 수준은 0.05로 하였다.

III. 결과

1. 측정자 내 신뢰도 분석

측정자 내 신뢰도의 차이를 평가하기 위해 시행된 급내 상관분석(Intraclass correlation analysis)결과 석고 모형은 0.88~0.91의 범위를 나타내었고, 디지털 모형은 0.94~0.99의 범위를 보였다. 디지털 모형으로 채득된 인상이 보다 높은 수치의 신뢰도를 나타냈기에 software 상에서 계측하는 방법(virtual measurement)이 높은 신뢰성을 보인다고 할 수 있다 (Table 2).

Table 2. Intra-examiner reliability of measurements between stone and digital models

Plane (Reference point)	Stone(manual)			Digital(virtual)		
	ICC ^a	95% CI ^b		ICC	95% CI	
		lower	upper		lower	upper
X (A-B, C-D)	0.88	0.8	0.94	0.94	0.86	0.98
Y (A-C, B-D)	0.91	0.84	0.97	0.95	0.9	0.99
Z (A-E, B-F)	0.9	0.83	0.96	0.99	0.94	1

a ICC indicates Intra-class Correlation Coefficient
b CI indicates 95% confidence interval

2. 인상채득 방법에 따른 모형의 정확도 평가

각 실험군에 지정된 계측지점의 거리를 측정하여 평균과 표준편차로 나타내었고, 주모형과 동일한 계측지점 간 측정값의 오차를 기준으로 정확성을 평가하였다. 석고모형과 주모형의 각 계측지점간의 차이범위

는 0.10~0.14mm로 나타났다. 양수의 값을 보였기에 주 모형에 비해 모든 지점에서 석고모형 실험군이 작게 계측되었다고 할 수 있다. 각 실험군별 동일한 계측지점의 값의 차이가 있는지 알아보기 위해 대응 표본 t-검정 결과, 모든 계측지점에서 통계적으로 유의한 차이가 있음이 판명되었고 적정수준의 정확성은 확보되지 않았다($P < 0.05$). 디지털 모형 역시 석고모형과 유사한 결과를 보였는데, 각 계측지점간의 차이범위는 0.14~0.20mm로 나타났다. 계측지점에 대한 계측값의 차이에 대한 대응 표본 t-검정 결과도 모든 지점에서 통계적으로 유의한 차이를 보여 역시 적정수준의 정확성은 확보되지 않았다($P < 0.05$) (Table 3, 4).

Table 3. Agreement between stone and master model in assessing dental arch relationship

Plane	Reference point	Descriptive		Absolute difference (+ value = master is larger)	Paired t-test p-value
		Master	Stone		
		Mean(SD)*	Mean(SD)		
X	A - B	34.46(0.24)	34.36(0.20)	0.1	0.011
	C - D	59.54(0.26)	59.42(0.19)	0.12	
Y	A - C	28.08(0.18)	27.94(0.23)	0.14	
	B - D	28.46(0.22)	28.33(0.16)	0.13	
Z	A - E	10.12(0.04)	9.99(0.05)	0.13	
	B - F	10.14(0.06)	10.00(0.07)	0.14	

* Units are represented in millimeters.

Table 4. Agreement between digital and master model in assessing dental arch relationship

Plane	Reference point	Descriptive		Absolute difference (+value = master is larger)	Paired t-test p-value
		Master	Digital		
		Mean(SD)*	Mean(SD)		
X	A - B	34.46(0.24)	34.30(0.15)	0.16	0.019
	C - D	59.54(0.26)	59.40(0.11)	0.14	
Y	A - C	28.08(0.18)	27.91(0.13)	0.17	
	B - D	28.46(0.22)	28.31(0.11)	0.15	
Z	A - E	10.12(0.04)	9.92(0.03)	0.2	
	B - F	10.14(0.06)	9.95(0.05)	0.19	

* Units are represented in millimeters.

IV. 고찰

과학기술의 진보로 디지털화가 앞당겨지고 있으며, 치과영역에서도 전통적인 인상채득방식에서 디지털 인상채득방식으로 대체되어 가고 있다. 구강 내 직접 스캔은 알지네이트 인상에 비하여 더 시간이 소요되는 등 환자의 선호도가 떨어진다는 주장이 있고(Grunheid et al., 2014), 일부 구강 스캐너의 경우 치아 경조직의 반사를 방지하기 위하여 스캔 전에 치면에 파우더를 도포하는 술식을 하여야 하는 등의 불편감이 있으나 치아 보철치료나 교정진단 영역에서 영상인상채득 기술의 발전과 그의 사용은 계속될 것이라 생각된다. 또한 구강스캐너의 정확도에 관한 연구를 통해, 구강스캐너의 스캔과정에서 발생하는 오차를 정립하고 최종보철물과 지대치 사이의 적합도에 관여되는 정도를 파악 할 수 있다. 구강스캐너의 발달로 발생 오차가 점차 감소하고 있으며, 최근 새로 개발된 구강스캐너가 기존 인상채득 방식을 대체할 수 있는지 비교를 통해 가능성을 제시하고자 하였다.

본 연구는 구강 스캐너를 이용하여 채득된 3차원 디지털 모형을 기반으로 정확도를 평가하였다. 전악 치열 모형에서 6개의 계측지점을 지정하여 측정값을 토대로 오차를 규명하였으며, 주모형을 실측하여 참값으로 삼아 실험군의 측정치와 차이를 통해 오차의 값을 정확도로 판단하였다. 각 실험군의 결과 값의 비교를 통해 정확도 분석에 앞서서 본 실험에서 사용된 측정방법이 적절히 사용되었는지 여부를 판단하기 위해 측정방법의 신뢰도가 검증이 선행되었다. 급내 상관계수(ICC)를 구하여 평가하였는데, 두 방법 모두 우수한 검사자 내 신뢰성을 보였다. 이 결과로 미루어 각 실험군을 동일한 계측지점과 동일한 계측방법으로 계측할 때 측정자로 인한 요인이 실험 결과에는 통계적으로 유의한 영향을 미치지 않는다고 할 수 있겠다. 급내 상관계수(ICC) 0.61~0.80 사이는 높은 신뢰성을 의미하고, 0.81 이상은 매우 높은 신뢰성을 의미한다. 그러나 Portney과 Watkins는 임상적 측정방법으로서의 타당성을 인정받기 위해서는 급내 상관계수가 0.9 이상이 되어야 한다는 의견을 제시하였다(Portney & Watkins, 2009). 이

연구에서 측정방법 별 측정자 내 신뢰도를 분석한 결과, 비록 측정 지점의 X, Y, Z축 마다 다소간의 차이를 볼 수 있었으나, 전체적인 측정자 내 신뢰성은 0.8 이상의 값을 보여 높은 수치를 나타내었다. 이 결과는 급내 상관계수로 판단하였을 때 이 연구에서 두 가지의 방법은 충분한 측정자 내 신뢰성을 갖추었다고 시사하는 바이다.

본 연구는 견치간 폭경, 제 2대구치간 폭경, 치열궁 장경, 임상치관 길이의 계측치를 X, Y, Z 축으로 세분화하여 주모형과 석고모형 그리고 디지털 모형간의 정확성을 검증하기 위해 2가지 방법을 사용하여 측정하였다. 그 차이는 석고모형이 0.10~0.14mm 정도를 수치를 나타냈으며(Table 3), 디지털 모형은 0.14~0.20mm 정도의 수치를 보였다. 모든 계측지점에서 계측치 차이가 일관성을 갖는지 알기 위해 paired t-test 결과 모든 축의 계측지점에서 통계적으로 차이가 있음이 판명되었기에 적정수준의 정확성을 나타내지 않았고, 인상채득 방법에 따른 차이가 있다는 결과를 보였다(P<0.05). 이와 같은 결과는 선행연구에서 3차원 진단모형의 검증은 주로 석고모형과 디지털모형의 계측치 오차를 통해 보고가 되었으며, 유의성 있는 차이가 보고되었다. Quimby 등은 디지털모형 계측에서 석고모형 계측보다 큰 계측오차를 보고하여 본 연구와 결과가 일치하였으며(Quimby et al, 2004), Stevens 등도 석고모형 계측 시 디지털모형 계측 시 보다 술자의 계측오차가 적었다고 보고하여 본 연구와 일맥상통한 결과를 산출하였다(Stevens et al, 2006).

모든 계측지점에서의 오차값은 적정수준의 정확도에 는 부족한 결과지만, Lim과 Lim(2009)이 석고모형을 기준치로 한 연구와 견주어 볼 때, 0.33~1.00mm의 오차를 보였으며, 이와 같은 수준의 오차는 교정치료 계획 수립을 위한 용도로는 문제가 없다는 결론을 내었다(Lim et al, 2009). 또한 Watanabe-Kanno 등의 연구에서도 0.2mm이하의 계측값 차이는 임상에서 환자의 진단이나 치료의 목적으로 사용하는데 지장이 없을 것으로 판단하였고(Watanabe-Kanno et al, 2009), Keating 등의 연구도 약 0.19mm의 차이 값을 인정하여 임상적인 효용성 여부를 가늠하였다(Keating et al,

2008). 본 연구에서 사용했던 구강스캐너와 유사한 광원을 사용했던 Kuroda 등의 연구에서도 치아 간 폭경의 계측 오차는 0.03-0.16mm의 범위로 보고하여 임상적으로 문제없다는 결론을 내었으며(Kuroda et al, 1996), 주 모형과 비교하였을 때 작게 계측되는 경향을 보고하였고, 이는 본 연구와 동일한 결과의 양상이다.

석고모형에 비해 디지털모형이 계측지점마다 크게 계측된 것은 디지털 모형의 오차만을 나타내는 것이 아닐 것이다. Naidu와 Free는 디지털모형은 다양한 영상을 제공하므로 술자의 숙달도에 따른 다른 정도의 정밀성을 보인다고 하였으며(Naidu et al, 2013), Dalstra 와 Melsen은 디지털영상의 경우 술자의 숙달도에 따라 계측치의 변이가 최소화 된다 하여 학습곡선이 있음을 보고 하였다(Dalstra et al, 2009). 더불어 디지털 모형에 익숙하지 않은 측정자의 경우는 측정치의 정확도에 문제를 제기할 수 있으며, 측정지점을 선정한 뒤 이상적인 교합평면과 평행하지 않는 상태에서 측정하는 경우는 치아의 식립각도나 계측지점의 위치에 따라 값은 달라지는 결과를 고려해야 할 것이다.

본 연구결과 구강 내 디지털 인상채득으로 얻어진 데이터의 정확성을 평가하기 위해 전통적인 인상채득방식의 석고모형과 비교한 연구이다. 실제 3차원 모형을 직접 관찰하는 것과 3차원으로 구현된 모형을 2차원 평면으로 관찰하는 것은 상당한 차이가 있음에도 불구하고, 실질적으로 모형을 통해 얻는 정보의 차이는 크게 나타나지 않았다. 3차원 디지털 모형에 대한 여러 선행 연구에 비추어 보아 적절한 신뢰성을 갖추었으며 충분한 정확성을 보인다고 할 수 있겠다. Rossini 등의 연구(Rossini et al, 2016)와 같이 구강스캐너를 이용하여 채득한 디지털모형은 시간, 비용 그리고 공간 활용 등에서 새로운 대안으로 치의학 분야에 활용이 가능할 것으로 사료된다.

V. 결론

최근 치과임상에서 사용되기 시작한 구강스캐너를 통한 디지털모형의 획득은 높은 장비 비용과 영상채득을 위

한 긴 시간 또한 스캐너 조작자의 숙련도로 인한 환자의 낮은 선호도가 단점이나 그 활용의 범위를 넓혀가고 있다. 본 연구에서는 석고모형을 디지털모형으로 대체하기 위한 정확성 평가를 위해 동영상 촬영방식의 최신 경향 구강스캐너를 이용하여 취득된 디지털모형과 석고모형을 비교한 결과 측정치 간에 통계적으로 유의한 차이를 보여 적정수준의 정확도에는 부족한 결과로 나타났다. 선행연구의 결과에 의해 임상적으로 오차범위를 허용할 수 있는 것으로 판단되므로 환자의 진단이나 치아 교정치료 계획 수립, 나아가 치과보철물 제작에 사용되는 모형으로 석고모형을 대체할 수 있는 충분한 유용성과 신뢰성 그리고 재현성을 지니는 것으로 생각된다.

REFERENCES

- Akyalcin S, Dyer DJ, English JD, Sar C. Comparison of 3-dimensional dental models from different source: Diagnostic accuracy and registration analysis. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*, 144(6), 831-837, 2013.
- Alcan T, Ceylanoglu C, Baysal B. The relationship between digital model accuracy and time-dependent deformation of alginate impressions. *Angle Orthod*, 79(1), 30-36, 2009.
- Anadioti E, Aquilino SA, Gratton DG, Holloway JA, Denry I, Thomas GW, et al. 3D and 2D marginal fit of pressed and CAD/CAM lithium disilicate crowns made from digital and conventional impressions. *J Prosthodont*, 23(8), 610-617, 2014.
- Boitelle P, Mawussi B, Tapie L, Fromentin O. A systematic review of CAD/CAM fit restoration evaluations. *J Oral Rehabil*, 41(11), 853-874, 2014.
- Brawek PK, Wolfart S, Endres L, Kirsten A, Reich S. The clinical accuracy of single crowns exclusively fabricated by digital workflow the comparison of two systems. *Clin Oral Invest*, 17(9), 2119-2125, 2013.
- Christensen GJ. Impressions are changing: deciding on conventional, digital or digital plus in-office milling. *J Am Dent Assoc*, 140(10), 1301-1304, 2009.
- Creed B, Chung HK, Jeryl DE, James JX, Lee A. Comparison of the accuracy of linear measurement obtained from cone beam computerized tomography images and digital models. *Semin Orthod*, 17(2), 49-56, 2011.
- Dalstra M, Melsen B. From alginate impressions to digital virtual models: accuracy and reproducibility. *J Orthod*, 36(1), 36-41, 2009.
- Gimenez B, Ozcan M, Martinez-Rus F, Padies G. Accuracy of a digital impression system based on active wavefront sampling technology for implants considering operator experience, implant angulation and depth. *Clin Implant Dent Relat Res*, 17(Suppl 1), 56-64, 2015.
- Grunheid T, McCarthy SD, Larson BE. Clinical use of a direct chairside oral scanner: An assessment of accuracy, time, and patient acceptance. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*, 146(5), 673-682, 2014.
- Keating AP, Knox J, Bibb R, Zhurov AI. A comparison of plaster, digital and reconstructed study model accuracy. *J Orthod*, 35(3), 191-201, 2008.
- Kuroda T, Motohashi N, Tominaga R, Iwata R. Three-dimensional dental cast analyzing system using laser scanning. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*, 110(4), 365-369, 1996.
- Lim MY, Lim SH. Comparison of model analysis

- measurements among plaster model, laser scan digital model, and cone beam CT image. *Korean J Orthod*, 39(1), 6–17, 2009.
- McGuinness NJ, Stephenes CD. Storage of orthodontic study models in hospital units in the U.K. *Br J Orthod*, 19, 227–32, 1992.
- Mah J, Hatcher D. Current status and future needs in craniofacial imaging. *Orthod Craniofac Res*, 6(Suppl 1), 10–16, 2003.
- Naidu D, Free TJ. Validity, reliability, and reproducibility of the iOC intraoral scanner: A comparison of tooth widths and Bolton ratios. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*, 144(2), 304–310, 2013.
- Portney LG, Watkins MP. *Foundations of clinical research: applications to practice*. Norwalk, CT: Appleton & Lange, 2009.
- Pradies G, Zarauz C, Valverde A, et al. 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.
- Quimby ML, Vig KW, Rashid RG, Firestone AR. The accuracy and reliability of measurements made on computer-based digital models. *Angle Orthod*, 74(2), 298–303, 2004.
- Rossini G, Parrini S, Castroflorio T, Deregibus A, Debernardi CL. Diagnostic accuracy and measurement sensitivity of digital models for orthodontic purposes: A systematic review. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*, 149(2), 161–170, 2016.
- Seelbach P, Brueckel C, Wostmann B. Accuracy of digital and conventional impression technique and workflow. *Clin Oral Investig*, 17(1), 1759–1764, 2013.
- Stevens DR, Flores–Mir C, Nebbe B, Raboud 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(2), 794–803, 2006.
- Van der Meer WJ, Andriessen FS, Wismeijer D, Ren Y. Application of intra-oral dental scanners in the digital workflow of implantology. *PLoS One*, 7(8), e43312, 2012.
- Vojdani M, Torabi K, Farjood E, Khaledi AAR. Comparison the marginal and internal fit of metal copings cast from wax patterns by CAD/CAM and conventional wax up techniques. *J Dent*, 14(3), 118–129, 2013.
- Watanebe–Kanno GA, Abrao J, Miasiro J, Hiroshi Sanchez–Ayala A, Lagravere MO. Reproducibility, reliability and validity of measurements obtained from Cecile 3 digital models. *Braz Oral Res*, 23(3), 288–295, 2009.