

구강 내 스캐너와 구강 외 스캐너를 사용하여 취득된 스캔 데이터 정확도 비교

이재준, 정일도, 김충명, 박진영, 김지환, 김웅철
고려대학교 대학원 보건과학과 치의기공전공

Comparison of accuracy of digital data obtained by intra-oral scanner and extra-oral scanner

Jae-Jun Lee, Il-Do Jeong, Chong-Myung Kim, Jin-Young Park, Ji-Hwan Kim, Woong-Chul Kim
Department of Dental Laboratory Science and Engineering, College of Health Science, Korea University

[Abstract]

Purpose: The purpose of this study was to compare the accuracy of the scan data acquired by the extra-oral and intra-oral scanner.

Methods: The maxillary right first molar was made of polymethyl methacrylate (PMMA) specimen. This PMMA specimen was scanned with an engineering scanner and intra-oral scanner. Meanwhile, extra-oral scanner scanned stone die duplicated from PMMA master die. Trueness and precision of scan data was measured by 3-dimensional inspection. Independent t-test was conducted to analyze the significant difference ($\alpha=0.05$).

Results: In the trueness analysis, mean of discrepancies were 13.82 μ m for intra-oral scanner and 16.84 μ m for extra-oral scanner. In the precision analysis, mean of discrepancies were 11.72 for intra-oral scanner and 9.2 for extra-oral scanner. Both trueness and precision showed a statistically significant difference (Table 1, $p<0.05$).

Conclusion: Intra-oral scanner can show higher trueness than extra-oral scanner, it has lower precision.

○Key words : Intra-oral scanner, Extra-oral scanner, Accuracy

교신저자	성명	김 웅 철	전화	010-8257-8592	E-mail	kuc2842@korea.ac.kr	
	주소	서울시 성북구 안암로 145 고려대학교 보건과학대학 치기공학과					
접수일	2015. 9. 7		수정일	2015. 12. 8		확정일	2015. 12. 18

I. 서 론

치과영역에서 1971년 Francois Duret에 의해 도입된 컴퓨터를 이용하여 치과 보철을 제작하는 CAD/CAM 시스템은 치과 기공사로 하여금 수작업을 행하는 전통적인 제작방식에 변화를 가져오게 했다(Park et al, 2015; Christensen 2009). CAD/CAM(Computer aided design-computer aided manufacturing: CAD/CAM)의 도입으로 환자의 구강 내를 3차원 스캔 데이터로 전환하기 위한 스캔 과정은 필수적인 요소로 자리잡고 있다. 이러한 스캔 데이터를 취득하는 스캐너 종류로는 구강 외 스캐너와 구강 내 스캐너 방식이 존재한다.

구강 외 스캐너는 접촉식과 광학식으로 구분된다. 접촉식에 있어서는 모형에 탐침을 직접 접촉시키고 거기서 얻어진 위치값을 3축(x, y, z) 값으로 산출하여 스캔 데이터를 얻는다. 이 방식은 정밀성이 높게 평가되고 있으나, 스캔 시 모형의 손상과 시간이 오래 걸린다는 문제점이 있다(Persson et al, 2006). 광학식 스캐너는 비 접촉 방식으로 삼각측량법을 활용한다. 이는 송신부에서 나오는 광(레이저, 백색광, 청색광)이 물체에 투사되고, 반사를 통해 수신 장치에 닿게 됨으로써 길이와 거리를 계산하는 방식이다. 최근에 소개되는 광학식 스캐너 중에 청색광원을 사용하는 스캐너가 있다. 이것은 기존의 사용되어지는 레이저 스캐너나 백색광 스캐너보다 속도가 빠르며, 백색광원 보다 짧은 빛의 단파장을 사용하기 때문에 더욱 정밀한 스캔이 가능한 것으로 알려져 있다(Jeon et al, 2015).

이러한 구강 외 스캐너들은 환자의 구강 내를 복제 한 작업모형을 스캔 한다. 하지만 작업모형 제작 시 사용되는 고무 인상재와 석고 모형재는 화학반응을 통해 중합되므로 재료의 수축 및 팽창과 같은 체적변화가 발생한다(Christensen 2008). 또한 작업모형을 트레이서 분리할 때 발생하는 저항력으로 인해 모형에 변형이 추가 될 수 있다. 때문에 구강 외 스캐너들로 취득된 스캔 데이터는 변형을 내포할 수 있다.

구강 내 스캐너는 구강 외 스캐너와는 달리 환자의 구강 내 지대치 및 주위 경조직과 연조직을 직접적으로 스캔하여, 스캔 데이터를 얻기 때문에 인상채득과 모형제작에

오는 변형을 최소화 할 수 있게 되었다(Birnbaum et al, 2009). 하지만 구강 내 스캐너는 스캔 시 부피가 큰 카메라의 봉을 환자의 구강 내에 위치시켜 이미지를 취득하기 때문에 비좁은 구강 내 공간이 장애 요소가 된다. 또한 스캔 시 환자의 움직임, 구강 내 습기 등과 같은 복합적인 환경적 요인으로 인하여 발생하는 스캔 노이즈도 스캔 데이터의 정밀도에 영향을 미친다(Patzelt et al, 2014; Nedelcu and Persson 2014).

이러한 구강 외 · 내 스캐너로부터 취득된 스캔 데이터들은 구강 내 형상을 3차원적 재현한 것이므로 치과 보철물의 적합도에 영향을 미칠 수 있다(Persson et al, 2009; Perakis et al, 2004). 보철물의 적합도가 우수하지 못할 경우에는 2차 치아우식증, 치주질환이 발생할 수 있으므로 정밀한 스캔 데이터의 취득은 성공적인 수복치료를 위한 중요한 요인 가운데 하나로 여겨진다(Felton et al, 1991). 그러므로 잠재적인 변형이 있는 구강 외 또는 구강 내 스캐너로 취득한 스캔 데이터의 정확도를 비교하는 것은 의미 있는 일이라고 할 수 있다.

최근에 소개된 구강 내 스캐너인 CEREC AC Omnicam은 기존의 낱장 이미지를 순차적으로 결합하여 형상화하는 카메라 방식과는 달리 연속적인 데이터를 취득하여 이미지를 형상화하는 비디오 방식으로 스캔 데이터를 취득한다(Ender and Mehl 2014). 또한 기존의 구강 내 스캐너와는 달리 파우더 도포가 필요하지 않고, 넓은 범위의 스캔이 가능하다는 장점도 있다. 그럼에도 불구하고 최신 구강 외 · 내 스캐너들에 대한 정확도에 관한 연구는 부족한 실정이다.

따라서 본 연구의 목적은 최신의 구강 외 스캐너와 구강 내 스캐너로 취득된 스캔 데이터의 정확도를 비교하는 것이다.

II. 연구 방법

1. 지대치 제작

본 연구를 위하여 표준형태로 형성된 상악 우측 제 1 대구치(AG-3 ZPVK 16, Frasco, Tettngang, Germany)의 레진 지대치를 선정하였다. 선정된 지대치를 실리콘

인상재(Deguform, Degudent GmbH, Germany)를 사용하여 실리콘 몰드 1개를 제작하였다. 이 몰드에 치아 색상의 PMMA 자가중합수지(Jet Acrylic, Lang Dental, USA)를 폴리머와 모노머의 혼합 비율에 맞춰 혼합하고 주입하여 상악 우측 제 1대구치 PMMA 지대치 시편을 복제하였다.



Fig 1. PMMA specimen(upper first molar)

2. 스캔 데이터 취득

1) 공학용 스캐너의 스캔 데이터 취득

제작된 PMMA 시편은 현존하는 스캐너 가운데 정확도가 가장 우수한 것 가운데 하나인 공학용 스캐너(Smart scan r5, Breuckmann, GmbH, Meersburg Germany)로 스캔하였고, 이를 참조 스캔 데이터로 설정하였다. 이 공학용 스캐너는 정확도가 5 μm 인 것으로 제시되고 있다. 공학용 스캐너로 취득한 데이터는 진실도(Trueness)를 계산하는데 사용하였다.

2) 구강 내 스캐너 및 구강 외 스캐너의 스캔 데이터 취득

구강 내 스캐너로는 CEREC connect software 4.3가 적용된 스캐너(Cerec[®] omnicam: Sirona Dental System, Bensheim, Germany)를 사용하였다. 스캔 시 움직임에 따른 변형을 줄이기 위해 시편을 별도의 지그 부착하였고, 제조사에서 지시하는 절차에 따라 7번씩 스캔하였다. 모든 스캔 데이터는 3차원 중첩을 위해 STL file로 저장하였다.

구강 외 스캐너는 blue light 방식의 스캐너(Identica blue, Medit, Seoul, Korea)를 사용하였다. 구강 외 스캐닝을 할 때에는 PMMA 지대치 시편을 복제하여 경석고

지대치 시편을 제작하였다. 이를 위해 맞춤 tray를 만들고, 고무인상재(Aquasil Ultra XLV and Rigid: Dentsply Caulk, Milford, DE, USA)를 사용하여 7개의 인상을 채득하였다. 그 후 각 인상체에 경석고를 주입하여 7개의 경석고 시편을 제작하였다. 그리고 구강 외 스캐너를 사용하여 경석고 시편을 스캐닝 함으로써, 구강 외 스캐너의 스캔 데이터를 취득하였다. 취득된 모든 스캔 데이터 가운데 불필요한 변연 아래 부분은 3-d inspection software(Verify, Geomagic GmbH, Stuttgart, German)를 이용하여 제거하였다.

3. 3차원 분석을 이용한 스캔 데이터의 정확도 분석

진실도(Trueness)와 정밀도(Precision)로 구성된 정확도의 측정을 위해 3차원 분석 소프트웨어(Control, Geomagic GmbH, Stuttgart, German)를 사용하였다. 진실도는 그룹 간 스캔 데이터와 참조 스캔 데이터를 중첩시켜 평가하였고, 정밀도는 그룹 별 동일한 스캔 데이터를 콤비네이션 수식을 사용한 중첩을 통하여 평가하였다($7C_2=21$).

두 표면의 시각적인 편차를 살펴보기 위하여 Best-fit alignment을 한 후 3D compare analysis을 실시하였고, max/min 공차 수준은 $\pm 10\mu\text{m}$, max/min critical은 $\pm 50\mu\text{m}$ 로 설정 하였다. 그 결과 Root mean square (RMS)값이 산출 되었다. 그리고 시각적인 분석을 위하여 중첩된 차이의 이미지를 스크린샷을 통해 저장하였다.

4. 통계 분석

통계분석은 SPSS Statistics 21.0(IBM Co, Armonk, NY, USA)을 이용하여 분석하였다. 스캐너 방식의 종류에 따른 중첩된 결과값의 기술통계량은 평균과 표준편차로 보고하였다. 집단 간의 정규분포를 차이를 검정하기 위해서 Shapiro test-Wilk 검정을 실시 하였고, 정규분포 함을 확인하였다($p>0.05$). 두 집단 간의 유의한 차이를 검정하기 위해서 모수 검정인 독립 표본 t검정(Independent T-test)으로 분석하였고, 통계적 판단을 위하여 제 1종 오류의 수준은 0.05로 설정하였다.

III. 결 과

스캐너 종류에 따라 취득된 스캔 데이터의 진실도와 정밀도를 평가하였다. 측정 결과 지닐도 값에서는 구강 내 스캐너가 13.82(1.29) um, 구강 외 스캐너는 16.84(2.17) um 값을 보여주었고, 통계적으로도 유의한 차이를 보였다(p<0.05). 정밀도 값에서는 구강 내 스캐너는 11.72

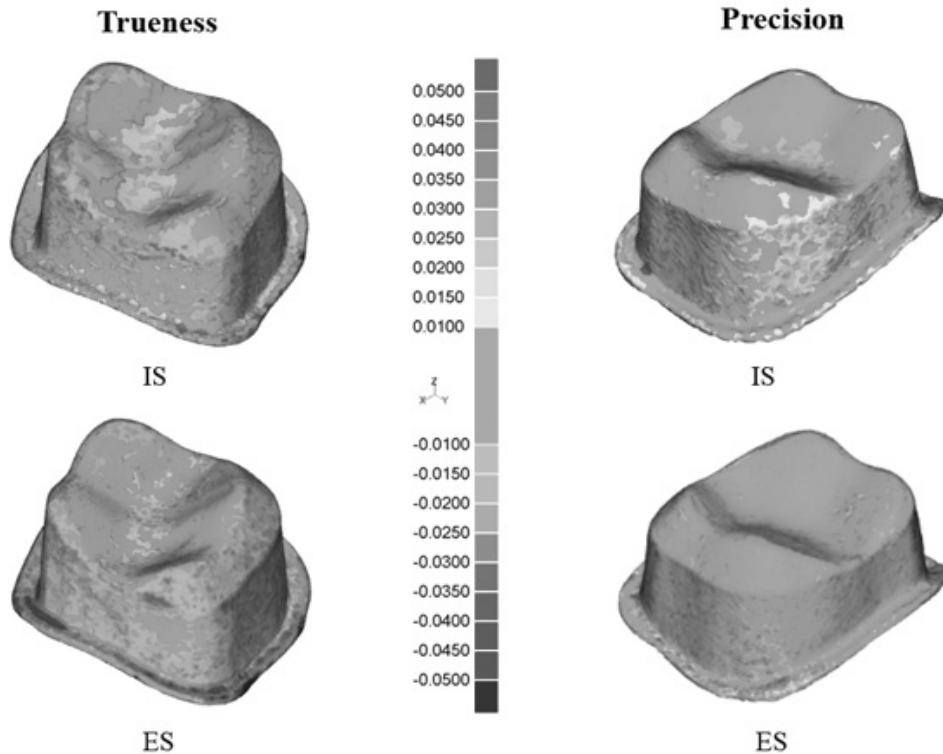
(3.51) um, 구강 외 스캐너 9.2(1.3)um 값을 보여주었다. 진실도와 정밀도 모두 집단 간 통계적으로도 유의한 차이를 보여주었다(Table, p<0.05). 추가적으로 <Fig. 2>는 스캐너 방식에 따른 진실도와 정밀도의 시각적인 차이를 보여준다. 진실도에서는 구강 내 스캐너가 구강 외 스캐너 보다 낮은 차이를 보이는 것 볼 수 있었고 정밀도에서는 큰 차이를 보이는 것을 확인 할 수 있었다.

Table 1. Comparison of trueness and precision according to scanner type

(Unit : um)

		Scanner type	
		Intra-oral scanner	Extra-oral scanner
		Mean(SD)	Mean(SD)
RMS	Trueness	13.82(1.29) ^{a*}	16.84(2.17) ^b
	Precision	11.72(3.51) ^a	9.2(1.3) ^b

*Different letters mean significantly different at type one error rate 0.05



(IS : Intra-oral scanner, ES : Extra-oral scanner)

Fig 2. Color difference map of trueness and precision according to scanning methods

IV. 고 찰

디지털 스캔 데이터의 정확도(Accuracy)을 평가하기 위해서는 “진실도(Trueness)”와 “정밀도(Precision)”을 측정할 필요가 있다(ISO 12836 2012). 진실도는 “true value” 또는 “a true value”와 반복된 측정에서 얻어진 스캔 데이터 값 사이의 크기가 얼마나 빗나갔는지를 설명하며, 정밀도는 규정된 상태에서 얻어진 각각의 측정 결과들 사이 값의 조밀도를 나타낸다.

이러한 스캔 데이터의 정확도를 측정한 기존 선행 연구를 살펴보면, 계측지점을 선정한 후 대조군과 실험군의 계측지점 길이를 측정하여 서로 비교하는 선형측정 방법을 사용한 연구들이 있다(Lee et al. 2015; Kim et al. 2014; Kim et al. 2013). 이 방식은 계측지점을 기준으로만 비교평가 되었기 때문에 전체적인 형태 차이를 평가할 수 없다는 단점이 있다. 또 다른 측정방법으로는 3차원 측정 방법이 존재한다. 이는 기준 스캔 데이터와 측정할 스캔 데이터를 중첩하여 그 차이를 비교해 봄으로써 그 차이가 시각적으로 나타내어지고, 정량적인 수치로도 산출된다. 그러므로 3차원 측정법을 사용하여 정확도를 평가하는 연구가 현재 활발히 진행되고 있다(Patzelt et al. 2014; Ender and Mehl 2014; Persson et al. 2009). 또한 Ender 등은 스캔 정확도를 3차원 측정으로 검증하는 것이 가능하다는 것을 제시하였다(Ender and Mehl 2013). 3차원 측정을 바탕으로 정확도를 평가한 선행 연구로는 백색광 및 레이저 스캐너들을 대상으로 한 연구는 많지만, 최신의 청색광을 사용하는 구강 외 스캐너와 비디오방식을 사용하는 구강 내 스캐너를 대상으로 한 연구는 전무하다(Jeon et al. 2015; Kim et al. 2013; Persson et al. 2006). 따라서 본 연구에서는 3차원 측정 방식을 통해 최신 스캐너들의 스캔 데이터에 대한 정확도를 평가한 것은 의미가 있다.

진실도 분석에서는 구강 내 스캐너가 구강 외 스캐너보다 낮은 차이를 보여주었다. 이러한 이유는 구강 외 스캐너의 경우 구강 내 스캐너와 달리 작업모형을 스캔한다. 따라서 작업모형의 제작 시 사용되는 인상재와 모형재는 중합 시 수축과 팽창으로 인해 체적변화가 생기므로 이를 스캔 한 구강 외 스캐너는 구강 내 스캐너보다 낮은 진실

도를 보인 것이라고 할 수 있다(Christensen 2008; ADA No. 25 1987).

반면 정밀도 결과값에서는 구강 외 스캐너가 구강 내 스캐너보다 낮은 차이를 보여주었다. 이는 구강 내 스캐너의 스캔에 있어서 스티칭(stitching) 기술과 관련이 있다고 사료된다. 즉 스티칭 기술이란 단일 이미지를 취득하고, 이 이미지를 모아 순차적으로 결합하여 스캔 데이터를 형성하는 것을 말한다. 만약 스티칭시 이미지 데이터가 다량화되거나 잘못된 이미지 결합된다면, 이미지의 변형이 커지므로 낮은 정밀도를 나타낼 수 있다(Nedelcu & Persson 2014).

〈Fig. 2〉의 진실도와 정밀도를 살펴보면 구강 내 스캐너가 구강 외 스캐너보다 교합면 부위에서 두드러진 차이를 보인다. 이는 스티칭시 평탄한곳 보다는 특징이 있는 곳을 기준으로 스티칭 되어지기 때문에, 평탄한 축벽 보다는 굴곡진 교합면 부위에 차이가 큰 것으로 보인다.

본 연구에서는 치아 표면의 빛 반사 범위를 고려한 시편을 제작하여 구강 내 스캐너 스캔 시 타당도를 높이고자 하였고, 구강 외 스캐너와 정확도를 비교해 보고자 하였다(Meng et al. 2009). 하지만 구강 내 스캐너로 구강 내를 직접 스캔하지 못했다는 점, 그리고 지대치를 상악 우측 제 1대구치로 한정시켜 진행하였다는 점 때문에 결과를 일반화 하기에는 부족한 부분이 있다. 그러므로 향후 연구에서는 구강 내 환경이 고려되고, 하나의 치아뿐만 아니라 다양한 치아를 대상으로 스캔 데이터의 정확도를 평가하는 것이 고려되어야 할 것으로 생각한다.

V. 결 론

본 연구에서는 구강 외 스캐너와 구강 내 스캐너의 스캔 데이터의 정확도를 평가하여 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 구강 내 스캐너는 구강 외 스캐너보다 진실도가 높았다.
2. 구강 외 스캐너는 구강 내 스캐너보다 진실도가 높았다.

REFERENCES

- Kim KB, Kim SJ, Kim JH, Kim JH. An evaluation of validity of three dimensional digital model fabricated by dental scannable stone. *J Korean Acad Dent Tech*, 35(1), 29–35, 2013.
- Lee JJ, Park JY, Bae SY, Jeon JH, Kim JH, Kim WC. Evaluation of the model accuracy according to three types of dental scanner. *J Dent Hyg Sci*, 15 (2), 226–231, 2015.
- Birnbaum NS, Aaronson HB, Stevens C, Cohen B: 3D digital scanners: a high-tech approach to more accurate dental impressions. *Inside Dentistry*, 5, 70–74, 2009.
- Christensen GJ. The challenge to conventional impressions. *J Am Dent Assoc*, 139(3), 347, 2008.
- Christensen GJ. Impressions are changing: deciding on conventional, digital or digital plus in-office milling. *J Am Dent Assoc*, 140 (10), 1301–1304, 2009.
- Ender A, Mehl A. Accuracy of complete-arch dental impressions: a new method of measuring trueness and precision. *J Prosthet Dent*, 109 (2), 121–8, 2013.
- Ender A, Mehl. In-vitro evaluation of the accuracy of conventional and digital methods of obtaining full-arch dental impressions. *Quintessence int*, 46(1), 9–17, 2015.
- Felton, D, Kanoy B, Bayne SA, Wirthman G. Effect of in vivo crown margin discrepancies on periodontal health. *The Journal of prosthetic dentistry*, 65 (3), 357–364, 1991.
- Jeon JH, Choi BY, Kim CM, Kim JH, Kim HY, Kim WC. Three-dimensional evaluation of the repeatability of scanned conventional impressions of prepared teeth generated with white- and blue-light scanners. *J Prosthet Dent*, In Press, 2015.
- Kim JH, Kim KB, Kim WC, Kim JH, Kim HY. Accuracy and precision of polyurethane dental arch models fabricated using a three-dimensional subtractive rapid prototyping method with an intraoral scanning technique. *Korean J Orthod*, 44(2), 69–76, 2014.
- May KB, Russell MM, Razzoog ME, Lang BR. Precision of fit: the Procera AllCeram crown. *J Prosthet Dent*, 80(4), 394–404, 1998.
- Meng Z, Yao H, Liang Y, Li Y, Lan S, Wang G. Measurement of the refractive index of human teeth by optical coherence tomography. *J Biomed Opt*, 14, 034010–034010–034014, 2009.
- Nedelcu RG, Persson AS. Scanning accuracy and precision in 4 intraoral scanners: An in vitro comparison based on 3-dimensional analysis. *J Prosthet Dent*, 112, 1461–71, 2014.
- Park JY, Kim HY, Kim JH, Kim JH, Kim WC. Comparison of prosthetic models produced by traditional and additive manufacturing methods, *J Adv Prosthodont* 7(4), 294–302, 2015.
- 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, 109–18, 2004.
- Persson A, Andersson M, Oden A, Sandborgh-Englund G. A three-dimensional evaluation of a laser scanner and a touch-probe scanner. *J Prosthet Dent*, 95, 194–200, 2006.
- Persson AS, Odén A, Andersson M, Sandborgh-

Englund G. Digitization of simulated clinical dental impressions: virtualthree-dimensional analysis of exactness. Dent Mater, 25, 929-936, 2009.

International Organization for Standardization. ISO-12836 (2015) Dentistry - Digitizing devices for CAD/CAM systems for indirect dental restorations - Test methods for assessing accuracy. International Organization for Standardization, Geneva, Switzerland, 2012.

American Dental Association. Council on dental materials, ANSI/ADA specification No. 25 for Dental Gypsum Products. American Dental Association, Chicago, 640-644, 1987.