

## 백색광과 청색광 스캐너를 이용한 지대치 인상체 스캐닝의 반복재현성 비교

전진훈, 성환경\*, 민병국\*, 황재선\*, 김지환, 김웅철  
고려대학교 대학원 보건과학과 치의기공전공, 동남보건대학교 치기공과\*

### Comparison of reproducibility of prepared tooth impression scanning utilized with white and blue light scanners

Jin-Hun Jeon, Hwan-Kyung Sung\*, Byung-Kuk Min\*, Jae-Sun Hwang\*,  
Ji-Hwan Kim, Woong-Chul Kim

Department of Dental Laboratory Science and Engineering, College of Health Science, Korea University  
Department of Dental Technology, Dongnam Health University\*

#### [Abstract]

**Purpose:** The purpose of this study compared of reproducibility of prepared tooth impression scanning utilized with white and blue light scanners.

**Methods:** To evaluate reproducibility with white and blue light scanners, the impression of premolar were rotated by 10°-20° and scanned. These data were compared with the first 3-D data (STL file), and the error sizes were measured (n=5). Independent t test was used to evaluation the reproducibility of impression of premolar with white versus blue light scanners through discrepancies of mean, RMS ( $\alpha=0.05$ ).

**Results:** Discrepancies of mean with regard to reproducibility were 11.2 $\mu$ m, 5.8 $\mu$ m, respectively, with white and blue light scanners ( $p<0.047$ ). And discrepancies of RMS with regard to reproducibility were 33.4 $\mu$ m, 18.8 $\mu$ m, respectively, with white and blue light scanners ( $p<0.045$ ).

**Conclusion:** Our results indicate a good reproducibility of prepared tooth impression digitized with blue light scanner more than that with white light scanner.

○Key words : white light scanner, blue light scanner, reproducibility, color-difference-map

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. 10. 29		수정일	2015. 11. 30		확정일	2015. 12. 11

## I. 서 론

치과 분야의 디지털화에 따라서 스캐너의 역할은 중요시되고 있는 가운데 스캐너의 스캐닝 반복재현성(reproducibility)은 스캐너의 품질평가에 있어서 중요한 조건으로 손꼽히고 있다(Naidu et al, 2013; Jeon et al 2015). 최근 국제표준기구(ISO)에서 발표한 ISO-12836는 스캐너의 스캐닝 반복재현성 측정방법에 대해 다음과 같이 설명하고 있다.

다른 환경, 시간의 차이 및 시편의 이동 등의 변수가 적용된 상황에서 하나의 시편을 하나의 스캐너로 반복적인 스캐닝을 해야 한다(ISO-12836, 2012). 즉, 스캐너의 스캐닝 반복재현성은 여러 변수들이 있음에도 불구하고 일정한 반복측정결과 값을 보여야 우수하다고 할 수 있다.

한편 최근 부각되고 있는 구강 스캐너는 환자구강을 직접 스캐닝하여 신속한 보철물 제작이 가능하므로 치과분야에서 많은 관심을 받고 있지만, 환자 구강내의 복잡한 구조와 타액 등으로 인한 스캐닝의 반복재현성이 낮은 것이 문제점으로 지적되고 있다(Logozzo et al, 2014; Trifkovic et al, 2014). 이러한 단점을 보완하기 환자의 구강내에서 채득된 인상체를 직접 스캐닝하는 방식에 대한 관심이 높아지고 있으며, 이는 모형을 복제하는 과정을 생략함으로써 경제적 낭비와 시간적 손실을 줄일 수 있다는 장점이 있다(Jeon et al, 2014).

인상체 스캐닝이 가능한 스캐너의 종류로는 레이저 스캐너와 백색광 스캐너 그리고 최근에 개발된 청색광 스캐너가 있다. 우선 레이저 스캐너는 1차원적인 라인 패턴으로 물체를 스캐닝하므로 스캐닝 속도가 느리고, 스캐닝 시 오류가 많이 발생하며 스캐닝의 반복재현성도 낮다고 알려져 있다(Cho et al, 2015; Codari et al, 2015). 한편, 최근 치과시장에 보편화 되어있는 백색광 스캐너는 2차원 방식의 패턴을 투사하여 한번에 3차원 x, y, z 공간 좌표 데이터를 읽어 들이는 방식으로써 레이저 스캐너에 비해 스캐닝 속도가 빠르고 스캐닝의 반복재현성도 높다고 알려져 있다(Dahlmo et al, 2001; Chang & Park, 2009). 하지만 백색광 스캐너를 이용한 인상체의 스캐닝은 좁고 깊은 곳에서 빈번한 오류가 발생하며 스캐닝의 반복재현성이 안정적이지 못하다는 연구가 있다(Jeon et

al, 2015). 반면, 최근 개발된 청색광 스캐너는 백색광 스캐너의 이러한 단점을 보완하여 개발되었고, 스캐닝 오류가 적으며 스캐닝 반복재현성도 높다고 알려지고 있다. 하지만 아직까지 청색광 스캐너의 인상체 스캐닝의 반복재현성에 관한 연구는 거의 이루어 지지 않았으며, 현재 치과분야에서 주로 쓰이고 있는 백색광 스캐너와 최근 개발된 청색광 스캐너의 반복재현성 비교 연구가 필요한 실정이다.

따라서, 본 연구의 목적은 지대치 인상체 스캐닝에 있어서 백색광 스캐너의 반복재현성과 청색광 스캐너의 반복재현성을 비교하는 것이다.

## II. 연구 방법

### 1. 지대치 모형의 준비 및 인상체 제작

본 연구에서는 지대치 선정에 있어 전치부의 특징과 구치부의 특징을 모두 가지고 있는 상악 제 1소구치를 지대치로 선정하였다. 합성수지로 제작된 표준형태의 치열모형(AG-3, Frasco, GmbH, Germany)에서 상악 제 1소구치를 선택하였고, all ceramic crown을 위한 지대치를 제작하였는데 특징은 다음과 같았다.

소구치의 axial wall은 수직에 가까웠고, 순설근원심 치경부에는 deep chamfer 마진, 순협 및 설측 치축면의 삭제량은 1~1.5mm로 하였고, 교합면이나 절단면의 삭제량은 1.5~2mm로 하였다. 순설근원심면은 치축면과 6°의 각도를 이루도록 하였다. 그리고 마진 앵글이나 포인트 앵글은 라운드하게 다듬었다(Cho et al, 2015; Luthardt et al, 2005)(Fig. 1).



Fig. 1. Maxillary prepared premolar tooth

합성수지 지대치 형성 후 이를 copy 밀링 작업을 통해 티타늄 지대치로 복제함으로써, 티타늄 지대치 모형을 완성하였다(Alikhasi et al, 2013). 이 티타늄 지대치 모형은 인상을 채득할 때 지대치의 표면마모를 최소화하고 정확한 인상채득을 하기 위한 것 이었다. 이후 스캐닝이 가능한 extra light body의 고무인상재(Aquasil Ultra, Dentsply, USA) 를 이용하여 티타늄지대치의 인상체를 제작하였다(Fig. 2).



Fig 2. Impression obtained prepared tooth (#14)

### 2. 반복재현성 확인을 위한 지대치 인상체 스캐닝

백색광 스캐너(Identica®, Medit, Korea)와 청색광 스캐너(Identica blue®, Medit, Korea)의 지대치 인상체 스캐닝에 대한 반복재현성을 비교하기 위한 방법은 다음과 같다.

첫 번째로 백색광 스캐너의 반복재현성의 확인을 위하여 소구치 지대치 인상체를 매번 10~20° 회전시켜며 인상체의 위치를 이동시킨 다음 테이블 위에 고정시킨 후 스캐닝을 실시하였다. 이러한 작업을 통하여 6개의 3차원 형상 데이터(STL file) 를 얻었다(P\_white1~P\_white6).

두 번째로 청색광 스캐너의 반복재현성의 확인을 위해서 위의 백색광 스캐너의 반복재현성의 확인방법과 동일한 과정을 거쳤다(P\_blue1~P\_blue6). 이러한 과정을 통해 각각 소구치 3차원 형상 데이터(STL file) 를 얻었다.

얻어진 소구치 지대치 인상체의 3차원 형상 데이터들에서 불필요하고 부정확한 margin 아래쪽 부분은 삭제하였다(Jeon et al, 2015; Luthardt et al, 2005).

### 3. 중첩 소프트웨어를 이용한 분석

백색광 스캐너와 청색광 스캐너를 이용하여 얻은 소구치 지대치 인상체의 3차원 형상 데이터(STL file) 들을 가지고 반복재현성을 아래와 같은 방법으로 확인하였다. 우선, CopyCAD 7.350 SP3(Delcam plc., UK) 프로그램을 이용하여 스캐닝된 모든 3차원 형상 데이터(STL file) 들을 point cloud(ASCII file) 로 변환시켰다. 이후, 백색광 스캐너의 반복재현성을 확인하기 위하여 PowerInspect 2012(Delcam plc., UK) 프로그램을 사용하여 백색광 스캐너를 이용하여 얻은 첫 번째 3차원 형상 데이터(STL file, P\_white1)와 하나의 point cloud(ASCII file, P\_white2~6) 를 각각 일대일 중첩시킴으로써 5개의 color-difference-map과 report를 얻었다.

또한, 청색광 스캐너의 반복재현성을 확인하기 위하여 위의 백색광 스캐너의 반복재현성 확인 방법과 동일하였고, 이를 통하여 5개의 color-difference-map과 report 를 얻었다.

### 4. 통계처리

Report에서 두 가지 스캐너 각각의 5개 mean과 RMS(Root mean square) 값을 얻었는데, 이 데이터들을 통계 프로그램(SPSS version 21.0, SPSS Inc., USA) 을 활용하여 independent t test를 시행하였다. 이 때의 제 1종 오류의 수준은 0.05로 정하였다.

## III. 결 과

〈Table 1〉은 백색광 스캐너와 청색광 스캐너에 대한 소구치 인상체 스캐닝의 반복재현성을 확인하기 위하여 mean of the discrepancy와 RMS of the discrepancy (정량적 데이터)를 보여주고 있으며, 두 가지 데이터 모두 유의한 차이를 보였다( $p < 0.047$ ;  $p < 0.045$ ).

Table 1. Discrepancies of premolar tooth impression generated with white light versus blue light scanner (Unit :  $\mu\text{m}$ )

	N	Scanner type		P
		White light	Blue light	
Mean of discrepancies (95% CI)	5	11.2 (5.0~17.4)	5.8 (4.2~7.4)	<0.047
RMS of discrepancies (95% CI)	5	33.4 (16.4~50.3)	18.8 (16.3~21.3)	<0.045

P : p-value about independent t-test ( $\alpha=0.05$ )  
 CI : confidence interval, RMS : root mean square

다음으로 <Fig. 3>는 백색광 스캐너와 청색광 스캐너에 대한 소구치 인상체 스캐닝의 반복재현성을 확인하기 위하여 color-difference-map(정성적 데이터)를 보여주고 있다.

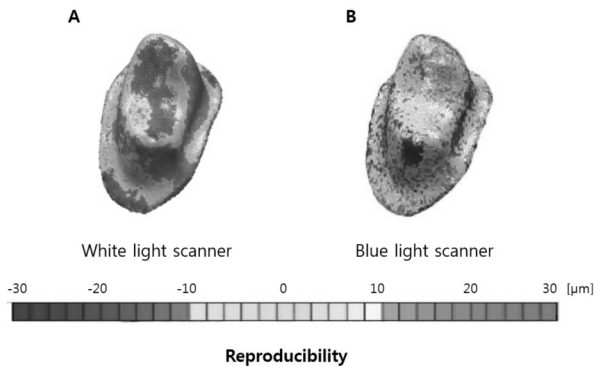


Fig. 3. Color difference map: reproducibility of premolar tooth impression with white and blue light scanners

백색광 스캐너의 반복재현성을 확인하기 위한 소구치 지대치 color-difference-map의 경우 교합면 부분에서 negative (blue) 오차를 보여주고 있으며, 또한 장축 방향으로 positive (red) 오차가 나타났다(Fig. 3A).

한편, 청색광 스캐너의 반복재현성을 확인하기 위한 소구치 지대치 color-difference-map의 경우 소구치와는 달리 교합면에서는 거의 오차가 없는 green색을 보였고, 치아 장축부분에서만 약간의 negative (blue) 오차가 나타났다(Fig. 3B).

#### IV. 고찰

<Table 1>은 최근 치과분야에서 많이 사용되고 있는 백

색광 스캐너와 최근 개발된 청색광 스캐너에 대한 소구치 인상체 스캐닝의 반복재현성을 확인하기 위한 정량적 데이터를 보여주고 있는데, 두 가지 스캐너의 mean of the discrepancy와 RMS of the discrepancy는 모두 유의한 차이를 보였다. 이 점에서 청색광 스캐너의 반복재현성이 우수함을 검증할 수 있었다( $p<0.047$ ;  $p<0.045$ ).

<Fig. 3>는 두 가지 스캐너에 대한 소구치 인상체 스캐닝의 반복재현성을 확인하기 위한 color-difference-map을 통하여 정성적 데이터를 보여주고 있다. 백색광 스캐너의 경우 소구치 교합면 부위에서 오차가 많이 발생하였는데, 그 이유는 인상체의 깊은 곳에서 그림자가 가장 많이 생기기 때문이다. 또한 소구치의 장축방향에서 오차가 많이 발생하였는데, 그 이유는 단위면적당 스캐너의 레이저 빔이 비춰지는 영역이 넓어짐으로 상대적으로 부정확한 데이터를 수집할 확률이 높기 때문이다. 한편 청색광 스캐너의 경우 소구치 교합면에서의 오차가 거의 없었고, 장축 부분에서만 약간의 오차가 발생하였는데 이러한 이유는 청색광 스캐너의 광원으로 사용되는 blue LED는 백색광 스캐너의 white LED에 비해 단파장의 광원으로써 대상물의 형태나 색깔 등 스캐닝 오차에 영향을 주는 변수에 대하여 상대적으로 적은 스캐닝 오차를 보이기 때문이다(Jeon et al, 2015).

본 연구에서는 두 가지 스캐너의 반복재현성 측정에 대한 신뢰도 높은 결과를 얻기 위하여 사용된 고무인상재는 vinyl polysiloxane계통의 인상재(Aquasil Ultra, Dentsply, USA) 이었다. 이 인상재는 광학식 스캐닝용으로 개발된 것으로, 스캐닝 시 최적화된 인상재로 알려져 있다. 따라서 스캐너에 따른 인상체 스캐닝의 반복재현성 평가에 대한 타당도를 높이기 위해 알맞은 인상재를 사용하였다는 점에서 의미가 있다(Jeon et al, 2014). 또한 최

근의 치과용 스캐너와 관련된 연구들과 비교해 보았을 때 full arch model 스캐닝의 반복재현성을 알아보기 위한 연구는 많았는데, 이러한 연구들의 경우 보철물 제작에 있어서 가장 중요한 지대치 부분에서 발생하는 오차에 대한 설명이 어려웠기 때문에 본 연구에서는 지대치 인상체를 선정하여 연구를 진행하는 점에서 의의가 있다(Ender & Mehl et al, 2013; Hayashi et al, 2013).

그러나 본 연구에서도 몇 가지 한계성이 존재한다. 우선, 기존의 2차원적 측정방법에서 벗어나 3차원 중첩 방법을 사용하여 반복재현성을 검증하는 방법을 사용하였으나, 두 데이터간의 오차를 검증하는 best fit alignment 과정에서의 오차를 설명하기는 어려웠다(Flugge et al, 2013). 왜냐하면 검증과정에서 발생하는 오차가 스캐닝 과정에서의 오차인지 아니면 best fit alignment 과정에서의 오차인지를 규명하기란 어렵기 때문이다. 이 밖에도 광학식 스캐너의 종류로써 백색광 스캐너와 청색광 스캐너의 스캐닝 시 발생하는 빛의 반사와 산란으로 인한 오차 등을 설명하기 어려운 부분이 있었다(Trifkovic et al, 2014). 따라서 앞으로의 연구에서는 이러한 한계들을 극복할 수 있도록 3차원 중첩 소프트웨어를 이용한 스캐닝의 반복재현성 측정에서의 오차를 줄이는 방안을 모색하고, 또한 백색광 스캐너와 청색광 스캐너의 인상체 스캐닝 품질 개선을 위한 노력이 지속적으로 이루어졌으면 한다.

## V. 결 론

지대치 인상체 스캐닝에 있어서 청색광 스캐너의 반복재현성은 백색광 스캐너의 반복재현성보다 더 좋았다.

## REFERENCES

Alikhasi M, Monzavi A, Bassir SH, Naini RB, Khosronedjad N, Keshavarz S. A comparison of precision of fit, rotational freedom, and torque loss with copy-milled zirconia and

prefabricated titanium abutments. *Int J Oral Maxillofac Implants*, 28(4), 996-1002, 2013.

Chang MH, Park SC. Automated scanning of dental impressions. *Computer-Aided Design*, 41(2), 404-411, 2009.

Cho SH, Schaefer O, Thompson GA, Guentsch A. Comparison of accuracy and reproducibility of casts made by digital and conventional methods. *J Prosthet Dent*, 113, 310-315, 2015.

Codari M, Pucciarelli V, Pisoni L, Sforza C. Laser scanner compared with stereophotogrammetry for measurements of area on nasal plaster casts. *Br J Oral Maxillofac Surg*, Jun 2, 2015.

Dahlmo KI, Andersson M, Gellerstedt M, Karlsson S. On a new method to assess the accuracy of a CAD program. *Int J Prosthodont*, 14, 276-283, 2001.

Ender A, Mehl A. Accuracy of complete-arch dental impressions: a new method of measuring trueness and precision. *J Prosthet Dent*, 109(2), 121-128, 2013.

Flugge TV, Schlager S, Nelson K, Nahles S, Metzger MC. Precision of intraoral digital dental impressions with iTero and extraoral digitization with the iTero and a model scanner. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*, 144(3), 471-478, 2013.

Hayashi K, Sachdeva AU, Saitoh S, Lee SP, Kubota T, Mizoguchi I. Assessment of the accuracy and reliability of new 3-dimensional scanning devices. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*, 144(4), 619-625, 2013.

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*, 114(4), 549-553, 2015.

- Jeon JH, Kim HY, Kim JH, Kim WC. Accuracy of 3D white light scanning of abutment teeth impressions: evaluation of trueness and precision. *J Adv Prosthodont*, 6(6), 468–473, 2014.
- Logozzo S, Zanetti EM, Franceschini G, Kilpela A, Makynen A. Recent advances in dental optics – Part I: 3D intraoral scanners for restorative dentistry. *Opt Lasers Eng*, 54, 203–221, 2014.
- Luthardt RG, Loos R, Quaas S. Accuracy of intraoral data acquisition in comparison to the conventional impression. *Int J Comput Dent*, 8(4), 283–294, 2005.
- Naidu D, Freer 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.
- Technical Committee ISO/TC 106, Dentistry, Subcommittee SC 9, Dental CAD/CAM Systems. ISO12836: 2012(E) Dentistry – digitizing devices for CAD/CAM systems for indirect dental restorations – test methods for assessing. Switzerland, International Organization for Standardization, 17, 2012.
- Trifkovic B, Budak I, Todorovic A, Vukelic D, Lazic V, Puskar T. Comparative analysis on measuring performances of dental intraoral and extraoral optical 3D digitization systems. *Measurement*, 47, 45–53, 2014.