

치과용 백색광 스캐너를 이용한 impression scanning의 반복 측정에 대한 안정성 평가

전 진 훈, 이 경 탁, 김 혜 영, 김 지 환, 김 응 철
고려대학교 대학원 보건과학과 치의기공전공

Evaluation on the repeatability of dental white light scanner-based digital impression

Jin-Hun Jeon, Kyung-Tak Lee, Hae-Young Kim, Ji-Hwan Kim, Woong-Chul 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 repeatability of dental white light scanner.

Methods: The impression(Zerosil, Dreve, Germany) were digitized in white light scanner(Identica, Medit, Korea) to create 3-dimensional surface-models. The distribution of the discrepancies between the number of points in the corresponding CRM models and the point clouds in the others were measured by a matching-software(Power-Inspect 2012, Delcam Plc, UK). The descriptive statistics were used for statistical analysis(SPSS 20.0).

Results: The measurement of repeatability showed very good reliability. The mean(SD) discrepancy value on the white light scanner digital models was 8.7(0.67) μm , based on SD and absolute mean values.

Conclusion: These in vitro studies showed that repeatability of dental white light scanner is high reliability. These results can be confirmed in further clinical studies.

○**Key words** : dental white light scanner, repeatability of dental scanner, digital impression, CRM models, point clouds

교신저자	성명	김 응 철	전화	010-8257-8592	E-mail	kuc2842@korea.ac.kr	
	주소	서울시 성북구 정릉3동 산1번지 고려대학교 보건과학대학 호림관 420호					
접수일	2012. 12. 6		수정일	2013. 2. 18		확정일	2013. 3. 15

I. 서 론

치과보철물 제작 시 컴퓨터를 이용한 기술이 확대될 때 필요한 조건 중 하나는 지대치 등 구강조직 형상화의 디지털화의 정확성이다. 디지털화의 정확성은 고정성 보철물의 적합도에 중요한 영향을 미친다(Persson et al, 1995). 구강조직의 3차원 형상 데이터를 획득하는 방식은 환자의 구강 내에서 직접 얻는 직접적인 방식과 전통적으로 인상을 채득한 후 얻어진 모형으로부터 얻는 간접적인 방식이 있다. 이러한 데이터를 획득하기 위해서는 형상에 관한 정보를 빠르게 읽어 들이는 장치가 필요하게 되었고, 지대치 등의 형상에 관한 3차원 정보를 변환시키는 여러 가지 다른 디지털화 방식이 치과계에 도입이 되었다(Persson et al, 2009).

치과 영역에서 CAD/CAM(Computer-aided design/Computer-aided manufacture) 시스템을 이용한 디지털화 과정에서 스캐너의 등장은 치과분야에 큰 변화를 가져오게 했다(Hewlett et al, 1992; Luthardt et al, 2001; Dahlmo et al, 2001). 지금까지 주로 사용되고 있는 스캐너는 접촉식(touch probe) 스캐너와 비접촉식 가운데 레이저 스캐너이고, 따라서 현재까지는 이 두 가지 스캐닝 방식에 관한 연구가 주류를 이루고 있다(Kuroda T et al, 1996; Persson et al, 2009; Quaas et al, 2007). 한편 접촉식 3차원 스캐너는 탐촉자로 불리는 프루브(probe)를 물체의 표면에 직접 접촉시킴으로써 3차원 좌표값의 데이터를 얻는 방식을 이용한다. CMM(Coordinate Measuring Machine)이 대표적인 방식으로, 대부분의 제조업에서는 오래 전부터 이 방식이 활용되어 왔으며, 이것은 측정점의 정확도가 우수한 것으로 알려지고 있다. 한편, 비접촉식 스캐너인 레이저 스캐너에 있어서는 레이저가 얼마나 멀리 있는 물체에 부딪혔는가에 따라 레이저를 수신하는 CCD 카메라 소자에 있는 레이저가 다른 위치에 보이게 된다. 카메라와 레이저 발신자 사이의 거리, 각도는 고정되어 이미 알고 있으므로, 카메라 화각 내에서 수신 광선이 CCD 소자의 상대적인 위치에 따라 깊이(depth)의 차이를 구할 수 있다. 이를 삼각법이라고 한다. 대부분의 경우는 단순히 하나의 레이저 점만을 조사 하는 게 아니라 스캐닝 속도를 높이기 위해 라인타

입의 레이저가 주로 이용된다(Lee KT et al, 2012).

기존의 치과용 인상체 스캐너에 관한 연구를 조사해보면 접촉식 스캐너는 접촉시 탄력성이 있는 인상체를 압박하므로 불안정한데 반해 레이저 스캐너는 접촉외력에 의한 압박이 없어 보다 안정하다는 연구 내용이 관심을 갖게 한다(Quaas et al, 2007). 더욱이 가장 최근에 소개되고 있는 백색광 방식 스캐너는 오차가 적고 정밀도가 높은 것으로 평가되어 이를 활용한 인상체 스캔 방식에 대한 관심도가 더욱 높아지고 있다. 백색광 스캐너는 특정 패턴을 물체에 투영하고 그 패턴의 변형 형태를 파악해 3차원 정보를 얻어낸다. 여기에 사용되는 패턴은 두 가지가 있다. 1차원 패턴 방식에 있어서는 선(line) 형태의 패턴을 LCD 프로젝트나 움직이는 레이저(sweeping laser)를 이용하여 물체에 프로젝션 시킨다. 카메라는 프로젝트로부터 적당한 거리를 두고 위치하게 되는데, 패턴에서 라인을 인식하고 그 라인을 구성하는 모든 화소의 깊이값은 광 삼각법을 이용하여 구해 낸다. 1차원 패턴 방식은 하나의 라인 패턴을 이용하여 물체를 죽 훑어 내는 방식이다. 이에 반해 2차원 패턴 방식은 그리드(grid) 또는 스트라이프 무늬의 패턴이 이용된다.

요즘 가공임상 현장에서는 활용되고 있는 주된 스캐닝 방법은 인상체에 모형재를 붓고, 이것이 경화된 후에 얻어진 모형을 이용하여 스캐닝을 하는 간접적인 방식이 주류를 이루고 있다. 그러나 이 방식에 있어서는 경석고 모형의 제작 과정에서 발생하는 오차와 시간 소요 등의 단점이 지적되고 있다(Quaas et al, 2007). 따라서 최근에 경석고 모형 제작단계를 배제한 인상체의 직접 스캐닝 방식에 대한 관심이 높아지고 있고, 이를 위해 레이저 스캐너가 제시되고 있으나 반복 측정에 대한 안정성이 확인되고 있지 않아 임상적 활용빈도가 낮다. 이런 상황 속에서 인상체에 대한 직접적인 스캐닝이 가능하고 그 품질도 보다 우수할 것으로 예견되는 백색광 스캐너를 사용한 스캐닝 품질의 평가는 의미가 있다.

따라서 본 연구의 목적은 치과 임상 분야에서 가장 최근에 관심의 대상이 되고 있는 백색광 스캐너를 이용한 인상체 스캐닝의 반복 측정의 안정성을 평가함으로써, 임상적으로 인상체 스캐닝의 활용 가능성에 대한 참고 자료를 제공하는 것이다.

II. 연구 방법

1. 실험 재료

1) 지대치 모형의 준비 및 인상체 제작

지대치 모형은 상악 우측 대구치를 대상으로 하였다. 합성수지로 제작된 표준형태(AG-3, Frasnaco, GmbH, Germany)의 상악 16번 대구치를 선택한 후, 지대치 삭제를 하고, 이를 밀링 작업을 통해 티타늄 지대치로 복제함으로써, 티타늄 지대치 모형을 완성하였다. 이 티타늄 지대치 모형은 인상을 채득할 때 지대치의 표면마모를 최소화하고 정확한 인상채득을 하기 위하여 제작하였다(Fig. 1). 이제 heavy body와 light body의 고무인상재(Zerosil, Dreve, Germany)를 이용하여 티타늄지대치의 인상체를 제작하였다(Fig. 2).



Fig. 1. Titanium abutment model(#16)

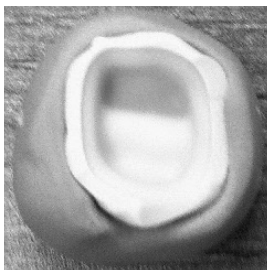


Fig. 2. Silicone impression body(#16)

2) 스캐너와 분석 소프트웨어

인상체를 스캔하기 위해 백색광 스캐너인 Identica® (Medit, Korea)를 사용하였다. 스캔 데이터를 점군 데이터로 변환시키고, 3D-surface 형상에 투영시킬 때 사용한 소프트웨어는 PowerInspect 2012(Delcam plc., UK)이었다(Fig. 3).



Fig. 3. White light scanner(Identica®, Medit, Korea)

2. 실험 방법

1) 디지털 인상체 데이터의 채득

백색광 스캐너의 커버를 열고, 안쪽에 있는 테이블 위에 인상체를 올려놓고 고정시켰다(Fig. 4). 모형이 고정된 상태에서 스캐너 실행을 시키면 테이블이 자동적으로 스캔 각도를 바꾸면서 움직인다. 백색광이 영사되며, 각각의 다양한 각도에서 얻어진 3차원 데이터가 합쳐짐과 재배열의 반복된 과정을 통해 3차원 형상 데이터(STL file)가 얻어진다.

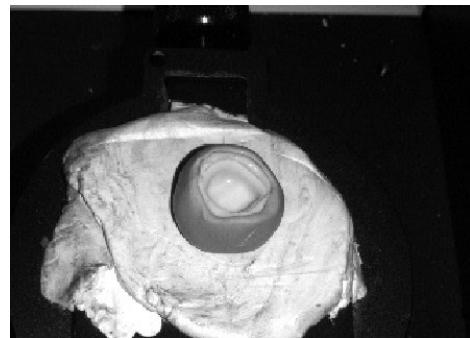


Fig. 4. Fixed impression on the table

2) 분석 소프트웨어를 이용한 분석

백색광 스캐너를 이용하여 인상체를 11번 반복적으로 스캔작업을 하였는데, 첫 번째로 스캔된 데이터를 CAD reference model(CRM)로 삼아 대조군으로 정하였다. CRM을 제외한 10번의 반복적인 인상체 스캔을 통하여, 10개의 실험군 스캔 데이터를 획득하였다. 10개 실험군의 STL파일은 모두 CopyCAD 7.350 SP3(Delcam, UK)를

사용하여 point cloud-ASC file로 변환시키는 작업을 하였다. 이 후에 PowerInspect 2012(Delcam, UK)를 실행시킨다. PowerInspect 2012은 공업용 정밀기계 또는 계측 분야에서 적합도 검증을 할 수 있는 최신 디지털 방식의 프로그램이다. 이 프로그램을 이용하여 CRM 데이터를 불러오고, 그 후 수많은 점들로 이루어진 point cloud 데이터를(ASC file)를 불러와 두 개의 데이터를 best fit

alignment로 재배열 한 뒤, point cloud를 CRM 데이터의 표면에 투영을 시켰다(Fig. 5). 서로 겹쳐진 CRM 데이터의 3D-surface model data와 point cloud의 모든 점들 간의 거리를 이용하여 RMS(root mean square)값을 구했다. 그리고 모든 지대치 모형의 3차원 형상 데이터에서 불필요하고 부정확한 margin 아래쪽 부분은 삭제하였다(Quaas et al, 2007; Lee KT et al, 2012).

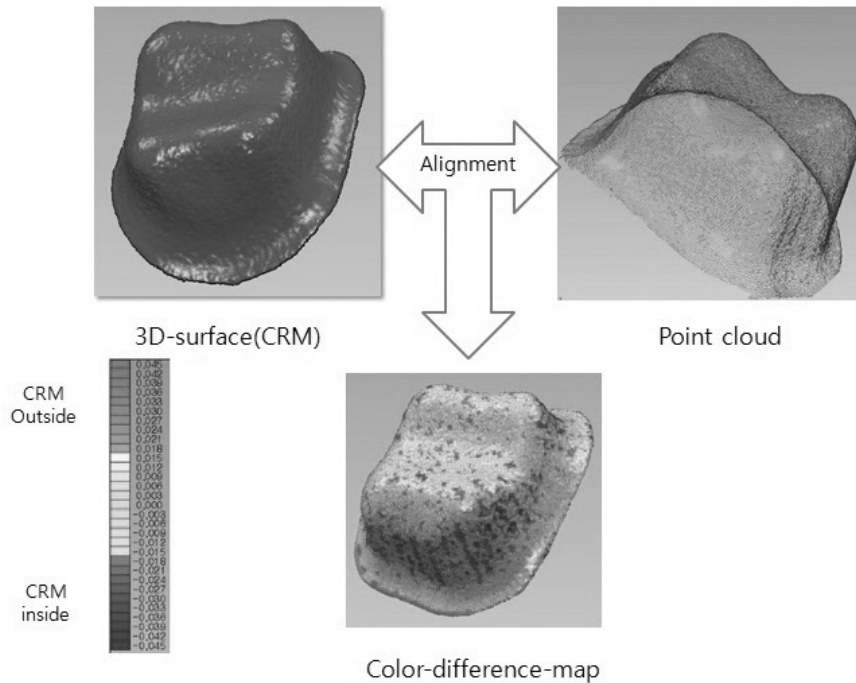


Fig. 5. Example of experimental flow chart of 2 different readings

3. 통계 처리

백색광 스캐너로 채득된 데이터를 이용하여 데이터 간의 평균값을 이용하여 통계 처리를 실시하였다. 각 데이터의 최소값, 최대값, 평균, 표준편차 등의 기술적 통계량을 제시하였고, 통계 처리와 분석은 SPSS 20.0 통계처리 프로그램(SPSS Inc, USA)을 사용하였다.

III. 결 과

백색광 방식의 스캐너를 이용한 상악 제1대구치 인상체의 반복 측정에 있어서 대조군인 CRM surface data와 10개 실험군 point cloud 사이의 거리 편차는 평균적으로

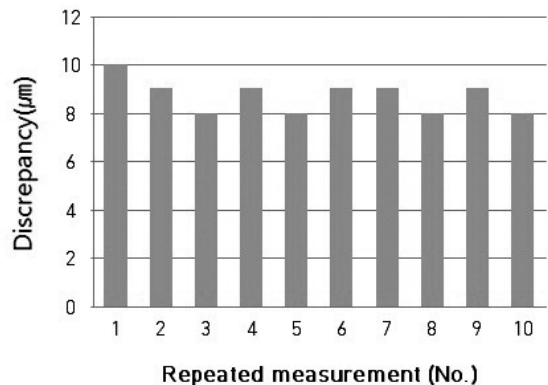


Fig. 6. Distance between point clouds of the CAD reference model (CRM) surface and those of 10 experimental model obtained by the white light scanner

8.7 μ m(표준편차 0.67 μ m)로서 95% 신뢰구간은 8.5 μ m~8.9 μ m로 나타났다. 한편 최대값은 10.0 μ m, 최소값은 8.0 μ m이었다.(Fig. 6, Table 1).

Table 1. Descriptive Statistics of distance between point clouds of the CAD reference model (CRM) surface and those of 10 experimental model obtained by the white light scanner

(Unit: μ m)					
N	Min	Max	Mean	Sd	95% CI
10	8.0	10.0	8.7	0.67	8.5~8.9

IV. 고찰

치과영역에 스캐너의 도입이 된 이후 스캐너의 성능 평가에 관한 많은 실험실 연구가 진행 되는 과정에서 많은 제한점들이 있었다(Kenyon et al, 2005; DeLong et al, 2003). 기존 연구들에서는 인상체로부터 경석고 모형을 복제하는 과정에서의 오차와 스캐너의 스캐닝 과정에서의 오차를 설명하는 것은 매우 어려운 일이었다(Rudolph et al, 2006; Persson et al, 2006). 본 연구에서는 백색광 스캐너에 의한 인상체의 반복 측정에 따른 크기 변화의 안정성을 알아 본 실험으로써, 인상체에 경석고를 붓고 이를 모형으로 복제해 내는 과정에서 생기는 오차 발생의 변인을 제거하였다는 점에서 의의가 있다. 또한 빛을 가볍게 반사시키는 데 최적화된 인상재로 최근에 출시된 Dreve 제품을 사용함으로써 용도에 알맞은 인상재를 사용하는 등 인상체의 스캐닝 질 평가의 타당도를 높였다는 점에서 의미가 있다(Persson et al, 2009).

Quaas 등(2007)은 스캐닝에 있어서 10 μ m보다 적은 오차는 안정적인 것으로 간주된다고 하였다. Touch prove를 이용한 인상체의 반복측정에 있어서 안정성은 평균 오차 30 μ m이지만, 간접법에 의한 경석고 모형의 반복측정에 관한 안정성은 평균 오차 20 μ m라는 보고도 있다(Quaas et al, 2007). 비 접촉식 백색광 스캐너를 사용한 본 연구에서는 평균 오차가 8.7 μ m로 상대적으로 보다 정밀하고 안정성이 있는 값을 나타내었다. 더욱이 표준편차의 값이 0.67 μ m를 갖는 등 신뢰도가 매우 안정적이라는 면에서 더욱 중요한 의미가 있다고 생각한다(Table 1).

한편 과거의 연구에서 사용되었던 접촉식 스캐너는 프루브(probe)가 대상물의 표면에 접촉을 해야 하므로, 물체에 변형이나 손상을 줄 수 있다는 단점과 다른 스캐닝 방식에 비해 측정 속도가 느린 단점도 있다(Quaas et al, 2007; Persson et al, 2006). 이에 반해 백색광 스캐너는 비접촉식이어서 대상물의 변형이나 손상이 없고 한 번에 전체 면을 스캔하고 여러 가지 변수를 제어할 수 있어서 스캐닝 속도가 빠른 장점도 있다. 또한 초당 측정 점수가 3MHz로 10~500kHz인 레이저 스캐너나 수백 kHz의 고성능으로 알려진 CMM(Coordinate Measuring Machine)보다도 높아 해상도가 높은 것도 매우 큰 장점이라고 할 수 있다.

본 연구에서 사용된 소프트웨어(PowerInspect 2012)는 대조군이 되는 CRM과 실험군인 10개의 point cloud 형상을 best fit alignment로 재배열하였기 때문에 3차원적으로 치우침 없이 적은 오차를 보이는, 즉 반복측정 안정성의 평가에 있어서 매우 유용한 프로그램이라 생각한다. 이 실험에서 나타낸 전체적인 치아의 color-difference-map(Fig. 4)의 색차이는 +, - 값의 해석을 대략적으로 하는 것은 가능하지만 부분적인 정확도는 모른다고 할 수 있다(Persson et al, 2008). 이에 더 나아가 앞으로 치아의 3D형상을 부위별로 나누어 분석할 수 있다면 보다 더 정밀한 평가가 가능할 것으로 사료된다. 또한 백색광 스캐너를 이용하면 치과 임상에서 중요하게 여겨지는 보철물의 품질 평가에 관한 다양한 연구도 이루어질 것으로 생각한다.

V. 결론

본 연구는 현재 치과 분야에서 이루어지고 있는 디지털화의 발전에 도움이 되는 자료를 제공한다는데 의미를 두고 시도되었다. 치과용 백색광 스캐너를 이용한 제 1대구치 인상체의 반복 측정에 따른 크기 안정성의 측정값은 매우 적은 오차값 8.7(0.67) μ m을 나타내었다. 따라서 백색광 스캐너를 이용한 제 1대구치 인상체의 스캐닝은 임상적으로 가능하다고 생각한다.

REFERENCES

- Dahlmo KI, Andersson M, Gellerstedt M, Karlsson S. On a new method to assess the accuracy of a CAD program. *Int J Prosthodont*, 14(1), 276–283, 2001.
- DeLong R, Heinzen M, Hodges JS, Ko CC, Douglas WH. Accuracy of a system for creating 3D computer models of dental arches. *J Dent Res*, 82(6), 438–442, 2003.
- Hewlett ER, Orro ME, Clark GT. Accuracy testing of three-dimensional digitizing systems. *Dent Mater*, 8(1), 49–53, 1992.
- Kenyon BJ, Hagge MS, Leknius C, Daniels WC, Weed ST. Dimensional accuracy of 7 die materials. *J Prosthodont*, 14(1), 25–31, 2005.
- Kuroda T, Motohashi N, Tominaga R, Iwata K. Three-dimensional dental cast analyzing system using laser scanning. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*, 110(4), 365–369, 1996.
- Lee KT, Kim JH, Kim WC, Kim JH. Three-dimensional evaluation on the repeatability and reproducibility of dental scanner-based digital models. *Korean Acad Dent Tech*, 34(3), 213–220, 2012.
- Luthardt RG, Sandkuhl O, Herold V, Walter MH. Accuracy of mechanical digitizing with a CAD/CAM system for fixed restorations. *Int J Prosthodont*, 14(1), 146–151, 2001.
- Persson M, Andersson M, Bergman B. The accuracy of a high-precision digitizer for CAD/CAM of crowns. *Journal of Prosthetic Dentistry*, 74(1), 223–229, 1995.
- 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(3), 194–200, 2006.
- Persson AS, Andersson M, Odén A, Sandborgh-Englund G. Computer aided analysis of digitized dental stone replicas by dental CAD/CAM technology. *Dent Mater*, 24(8), 1123–1130, 2008.
- Persson AS, Odén A, Andersson M, Sandborgh-Englund G. Digitization of simulated clinical dental impressions: virtual three-dimensional analysis of exactness. *Dent Mater*, 25(7), 929–936, 2009.
- Quaas S, Rudolph H, Luthardt RG. Direct mechanical data acquisition of dental impressions for the manufacturing of CAD/CAM restorations. *J Dent*, 35(12), 903–908, 2007.
- Rudolph H, Luthardt RG, Walter MH. Computer-aided analysis of the influence of digitizing and surfacing on the accuracy in dental CAD/CAM technology. *Comput Biol Med*, 2006.