

수종의 치과용 스캐너로 채득된 3차원 치아 모형의 반복측정 안정성 평가 연구

A Study on the Evaluation of Repeated Measurement Stability of 3D Tooth Model Obtained by Several Dental Scanners

배은정*, 김원수**, 임종연***

(*)이마스타덴탈허브*, 대전보건대학교 치기공과**, 동국대학교 기계로봇에너지공학과***

Eun-Jeong Bae(bej1119@naver.com)*, Won-Soo Kim(wskim@hit.ac.kr)**,
Joong Yeon Lim(jylim@dongguk.edu)***

요약

연구의 목적은 치과용 스캐너의 반복측정 안정성 비교를 통해 영향을 미치는 스캐너의 요소를 평가하는 것이다. 연구 목적을 달성하고자 청색광을 사용하는 I사의 스캐너와 광학 방식을 사용하는 Z사의 스캐너 그리고 백색광을 사용하는 D사의 스캐너를 본 연구의 반복측정 안정성 연구에 사용하였다. 측정 결과는 root mean square (RMS)로 계산하였고 one-way ANOVA 통계기법을 적용하여 유의수준을 확인하였다($\alpha=0.05$). 통계분석 결과 가장 큰 RMS 값을 가지는 스캐너는 Z-opt 그룹으로 38.2 μm 이었다. 다음으로는 D-white가 35.2 μm 로 나타났고, 가장 RMS 값이 적은 그룹은 I-blue 그룹으로 34.1 μm 이었다. 각 그룹간에 RMS 평균을 비교한 결과는 유의하지 않은 것으로 나타났다($p>0.05$). 이 결과로부터 청색광, 백색광 그리고 광학 방식의 스캐너에서는 반복측정 안정성에서 청색광의 오차가 가장 낮은 것으로 나타났으나 통계적 유의성은 없었다. 연구결과 임상적 허용 가능하다는 것이 본 연구의 결론이다.

■ 중심어 : | 치과용 스캐너 | 반복측정 안정성 | 치과캐드캠 | 3차원 분석 | 디지털 치과학 |

Abstract

The purpose of this study is to evaluate the reliability of repeated measurements of several dental scanners. Blue-lighted scanners, white-light scanners and optical-type scanners are used in the study of repeatability in this study. The measurement results were calculated as root mean square (RMS) and the significance level was confirmed by applying the 1-way ANOVA statistical technique ($\alpha=0.05$). According to the statistical analysis, the scanner with the largest RMS value was Z-opt group (38.2 μm). Next, D-white was 35.2 μm and the group with the lowest RMS value was I-blue (34.1 μm). The comparison of RMS means between each group was not significant ($p>0.05$). From this result, the blue light had the lowest error in repeatability of dental scanners, but no statistical significance. The conclusion of this study is that the study results are clinically acceptable.

■ keyword : | Dental Scanner | Repeated Measurement Stability | Dental Computer-Aided-Design | Computer-Aided-Manufacturing | Three-Dimensional Analysis | Digital Dentistry |

* 이 성과는 정부(과학기술정보통신부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 연구임(No. 2018R1A5A7023490)

접수일자 : 2021년 01월 20일

심사완료일 : 2021년 02월 08일

수정일자 : 2021년 02월 08일

교신저자 : 임종연, e-mail : jylim@dongguk.edu

I. 서론

치과기공사의 수작업으로 제작되던 치과보철물이 치과용 캐드캠 (Computer-Aided-Design / Computer-Aided-Manufacturing; CAD/CAM) 시스템이 도입되면서 디지털 방식으로 변화되고 있다[1]. 디지털 방식을 컴퓨터를 활용하여 디자인하고 제작하는 과정을 거친다. 기존의 통상적인 수작업 과정과 비교하여 시간과 노동력을 감소시키고 제작 단계를 줄인다는 장점을 가지면서 활용 범위가 점차 넓어지고 있다[2]. 나아가 치과보철물의 제작 과정을 넘어서 소재와 기자재 등도 영향을 받으면서 치과보철물 제작의 패러다임이 변화하고 있다.

치과용 캐드캠을 사용하여 치과보철물을 제작할 때에는 우선 환자의 치아를 3차원으로 채득하는 스캐닝 과정을 거쳐야 한다. 스캐닝 과정은 스캐너를 이용하여 실제 치아 형상을 3차원 데이터로 전환시키는 과정을 말한다. 3차원으로 채득하는 과정은 크게 두 가지로 구분되고 있다.

첫 번째로 환자의 구강에 스캐너를 삽입하여 직접 스캐닝 하는 구강 내 스캔방식이 있다[3]. 주로 치과진료실에서 사용되는 방식이며 인상을 별도로 채득하지 않으면서 빠르게 제작이 진행된다는 장점이 있다. 그러나 구강 내 스캐너는 전악(complete arch)보다는 단일 수복물(single crown) 제작 시에 더 좋은 정확도를 가지는 것으로 조사되면서 단일 수복물 지대치 제작에 주로 사용되고 있다[4]. 그 이유로 환자 구강의 타액이나 불, 혀 등의 조건이 스캔의 부정확성에 영향을 미칠 수 있으며[5], 스캔을 채득하는 술자의 경험이나 방식에 따라 영향을 받는 것으로 보고되고 있다[6]. 황의 연구에서도 단일 수복물과 3분 고정성 수복물 지대치의 정확도를 비교한 결과 단일 수복물의 정확도가 유의하게 높은 것으로 나타났다[7].

반면 주로 치과기공소에서 사용하는 석고 모형용 스캐너는 환자의 구강을 종래와 같이 인상을 채득하고 석고로 모형을 만들어 이것을 스캔하는 방식이 주를 이루고 있다. 직접 구강을 스캔하는 것에 비해 타액이나 불, 혀 등의 방해요소가 없기 때문에 스캔과정에서 편리함을 가진다. 다만 석고 모형으로 제작 후 이것을 스캔하기 때문에 채득된 인상의 정확도에 영향을 받을 수 밖

에 없으므로 인상이 정확하게 채득되었다는 것을 기반으로 제작하게 된다. 모형용 스캐너는 접촉방식과 비접촉 방식으로 구분할 수 있으나, 최근에는 모형에 손상이 없으면서 빠르고 정확하게 스캔이 가능해지면서 비접촉 방식을 선호하고 있다.

국제 표준화 기구(International Organization for Standardization; ISO)에서 제시하는 스캐너의 우수성(ISO 12836)은 정확도, 정밀도, 반복성, 재현성의 요소를 통해 평가된다. 정확도란 측정값들의 평균과 기준값의 일치 정도로, 정확도가 우수할수록 3차원 데이터와 실제 형상의 일치 정도가 우수한 것이다. 정밀도는 측정값 간의 차이를 말하며, 정밀도가 높다는 것은 수차례 스캐닝을 하여도 동일하게 비슷한 정도의 정확도를 가진다는 것이다. 반복성이란 동일한 조건에서 반복적으로 측정했을 때의 표준편차를 말한다. 재현성이란 다른 조건에서 반복적으로 측정했을 때의 표준편차를 말한다[8-10].

스캔된 데이터의 정확도가 낮거나 실제 치아형상과 일치하지 않는다면 이후의 과정이 정확하게 진행되더라도 부적절한 수복물이 제작된다. 치과용 캐드캠 시스템을 이용한 치과보철물 제작 및 그 사용범위가 점차 넓어지는 만큼 캐드캠 시스템 평가 중에서 가장 기본이 되는 스캐닝의 반복측정안정성 평가가 우선시 되어야 한다[11]. 이에 따라 스캐너와 연관된 많은 연구들이 진행되었다. Kim과 Kim[12], Kim 등[13], Jeon등[14]에 의해 치과용 스캐너의 광원에 따른 디지털 모형의 정확도 연구가 진행되었으나 광원 외에 스캐너의 특징에 따른 연구는 미비한 실정이다.

정밀도에 관여하는 스캐너 요소에는 포인트 클라우드, 광원, 스캐너의 종류 등이 있다. 포인트 클라우드는 스캐너를 이용해 3차원 데이터로 변환시킬 때 데이터 상의 요소로 분포와 수가 삼차원 형상에 맞추어 고르게 분포된다[15]. 따라서 포인트 클라우드의 수가 많을수록 밀도가 높아지고 정확도가 올라간다. 다만 클라우드의 수가 증가할수록 데이터 상의 용량도 같이 커지기 때문에 작업의 효율을 위해 적절한 수로 조절되게 된다.

스캐너에 장착된 광원은 적색광의 경우 오랜 시간이 소요되고 정확도 또한 비교적 낮으나 청색광의 경우 정

확도가 비교적 높게 나타난다. 청색광 스캐너는 기존의 여러 가지 스캐너에 비하여 경석고 모형 스캐닝 오류가 적고 스캐닝의 반복측정안정성도 높은 것으로 보고되었다[16].

스캐너의 종류에 따라서 정확도의 차이가 생기기도 하는데 Persson 등은 광학식 스캐너와 접촉식 스캐너의 반복 정확도 평가에서 광학식 스캐너가 접촉식 스캐너보다 좋은 결과 값을 가진 결과를 도출했다[17]. 그러나 현재 이러한 스캐너의 연구 진행 정도에 비해 반복 측정 안정성 평가에 대한 연구는 현재 비교적 진행도가 낮아 추가적인 연구가 필요한 실정이다.

따라서 본 연구의 목적은 현재 임상적으로 사용되는 치과용 스캐너의 반복측정안정성 비교를 통해 영향을 미치는 스캐너의 요소를 평가하는 것이며, 귀무가설은 스캐너의 반복측정 안정성에는 차이가 없다는 것이다.

II. 연구 방법

1. 석고모형 제작

연구를 위하여 상악모형 (ANA-4, Frasaco, Germany)을 기준 모형으로 선정하였다. 기준 모형으로부터 석고 모형을 제작하기 위해 치과용 실리콘 (Deguform, Degudent GmbH, Germany)을 이용하여 음형의 몰드를 제작하였다. 이후 치과용 3D 스캔석고(Scannable & ultra hard, (주)디케이문교, Korea)를 제조회사의 지시에 따라 음형의 몰드에 주입하여 석고 모형을 제작하였다[그림 1].



그림 1. 스캔에 사용된 치과용 석고 모형

2. 세 가지 스캐너를 이용한 스캐닝 작업

스캐너의 반복안정성 평가를 위하여 사용하는 광원에 차이가 있으면서 대중적으로 사용되는 종류가 다른 스캐너를 선정하고[그림 2] 제조회사에서 제공하는 사양을 [표 1]과 같이 비교하였다[18-20].

세 가지 스캐너의 특징 중에서 본 연구에서는 광원을 중점적인 요소로 보고자 하였다. 청색광을 사용하는 I사의 스캐너와 광학 방식을 사용하는 Z사의 스캐너 그리고 백색광을 사용하는 D사의 스캐너를 본 연구의 반복측정 안정성 연구에 사용하였다.

스캔 작업 전 모든 스캐너에 대해 제조회사 지시대로 보정 작업을 실시하였다. 이는 스캐너의 기본 정확도를 최적으로 만들어주기 때문에 작업 전에 실시하는 것이 좋다. 이후 각각의 스캐너마다 10회씩 스캐닝을 실시하고 스캔된 데이터는 stereolithography (STL) 파일 형식으로 변환하였다.



그림 2. 연구에 사용된 수종의 치과용 스캐너

표 1. 연구에 사용된 치과용 스캐너의 사양

Group	Scanner	Manufacturer	Light source	Accuracy	Camera resolution	Axis
I-blue	Identica hybrid	Medit, Seoul, Korea	Blue light LED	7 μm	Gray scale 1.3(MP) colour texture	Three axis
Z-opt	Zirkonzahn S600 ARTI	Zirkonzahn, Italy	optical structured-light	10 μm	twin camera	Two axis
D-white	DOF Freedom HD	DOF, Seoul, Korea	White light LED	10 μm	Duel 2.0 MP cameras	Two axis

3. 3차원 데이터 분석

각 스캐너별로 스캔된 STL파일을 3차원 중첩 프로그램

램(Geomagic control X version 2018.1.1., 3D systems, USA)을 사용하여 중첩한 후 3차원 분석을 실시하였다[그림 3].

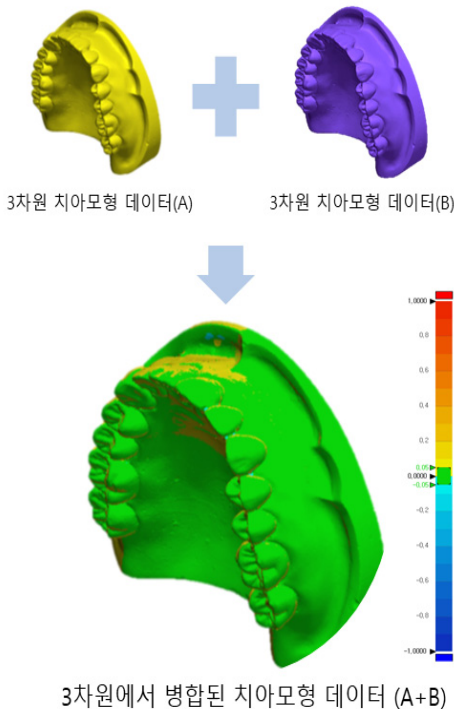


그림 3. 3차원 중첩 및 분석과정

스캔된 모든 데이터는 각각 일대일로 초기 정렬 한 후에 베스트 핏 정렬하여 중첩하였으며, 이후 3차원 분석을 실시하였다. 빨간색에 가까울수록 기준 데이터에서 양의 값으로 벗어나는 것을 의미하며, 파란색에 가까울수록 음의 값으로 벗어나는 것을 의미한다. 녹색은 지정된 공차 범위 내에 들어온 것을 의미하는데 본 연구에서는 공차범위 ±0.05 mm로 설정하였다.

[그림 3]에서 노란색의 A데이터와 보라색의 B데이터를 중첩시킨 후 결과를 보면 아래 그림처럼 두 데이터에서 일치하지 않는 부분이 색으로 표현된다. 하나의 데이터를 기준데이터로 설정하고 다른 데이터를 측정데이터로 설정하게 되면 기준데이터에서 벗어나는 값이 색상 스펙트럼으로 나타나게 되는 것이다.

4. Root mean square 값 산출

양의 오차와 음의 오차를 확인하기 위해 root mean square (RMS) 값을 산출하였다. RMS 값을 구하는 상세 방법은 다음과 같다.

중첩 시킬 두 개의 3차원 형상 데이터를 일대일로 중첩시킨 후에 공간 좌표 상(x, y, z축)에 있는 2개점의 위상 차이를 모두 제곱한 다음 그 값들의 합을 점의 개수로 나눈 후 제곱근 하게 되면 RMS 값을 구할 수 있다.

각 데이터들의 차이는 양의 값과 음의 값이 공존하고 있어서 합을 구하는 산술평균으로는 결과를 표현하는데 한계가 있기 때문에 해당 연구에서는 RMS 값으로 결과를 비교하고자 하였다.

$$RMS = \frac{1}{\sqrt{n}} \sqrt{\sum_{i=1}^n (x_{1,i} - x_{2,i})^2}$$

위의 계산식에서 $X_{1,i}$ 는 기준 데이터에서 측정 지점, $X_{2,i}$ 는 스캔 데이터에서 측정 지점, 그리고 n은 총 측정 지점의 수이다.

5. 통계 분석

RMS로 산출된 결과 값에 대한 정규분포를 확인하기 위해 Kolmogorov-Smirnov 검정 결과 유의확률이 0.20으로 유의수준인 0.05보다 커서 정규분포가 가정되었다. 따라서 one-way ANOVA 분석을 실시하였고, 그룹간의 차이를 보기 위해 tukey HSD 사후분석을 실시하였다. 유의한 차이를 보고자 유의수준 0.05에서 검정하였다(IBM SPSS Statistics 23.0; IBM, Armonk, NY, USA).

III. 연구결과

분석결과 가장 큰 RMS 값을 가지는 스캐너는 Z-opt 그룹으로 38.2 μm이었다. 다음으로는 D-white가 35.2 μm로 나타났고, 가장 RMS 값이 적은 그룹은 I-blue 그룹으로 34.1 μm이었다[표 2].

표 2. 세 가지 스캐너로 스캔된 3D 데이터의 root mean square 기술통계 결과(단위:µm)

Group	N	RMS mean	Mean SD	+Average	-Average	In Tol.(%)
I-blue	10	34.1	34.0	8.7	-9.0	98.80
Z-opt	10	38.2	38.2	7.6	-9.1	98.80
D-white	10	35.2	35.1	8.6	-8.9	98.65

각 그룹간에 RMS 평균을 비교한 결과 I-blue 그룹과 Z-opt 그룹은 p값이 0.068로 유의하지 않았으며, I-blue와 D-white 그룹에서도 0.989로 유의한 차이가 없었고, Z-opt와 D-white 그룹에서도 마찬가지로 p값이 0.051로 유의수준보다 높아 유의하지 않은 것으로 나타났다(p>.05) [표 3].

표 3. 세 가지 스캐너로 스캔된 3D 데이터의 1-way ANOVA 통계결과(단위:µm)

(I) Groups (J)	Groups (I-J)	Standard error	p-value	95% Confidence interval	
				Lower limit	Upper limit
I-blue	Z-opt	-4.15	1.78	.068	-8.56 .26
	D-white	.25	1.78	.989	-4.16 4.7
Z-opt	D-white	4.4	1.78	.051	-.01 8.8

*. Tukey HSD: The mean difference is significant at the 0.05 level.

IV. 고찰

치과 CAD/CAM 시스템은 1980년대 도입된 이후 지속적으로 발전되어 오고 있다. CAD/CAM 시스템은 모형을 3차원으로 변환시켜주는 스캐너와 치아 형상을 디자인하는 프로그램 그리고 완성된 디자인을 가공하는 가공기(milling machine)로 구성되어 있다. 치과용 CAD/CAM 시스템 도입 이후 환자의 구강을 3차원으로 데이터화 하여 저장하고 그 정보를 공유할 수 있게 되면서 작업자의 숙련도에 따른 오차는 줄어들고 있다. 물론 아직까지 시스템이 완벽하지 않기 때문에 이에 대한 연구는 지속되고 있다. 그 중에서도 스캐너의 정밀도와 반복측정 안정성은 가장 중요한 부분으로 스캔 시 발생하는 오차는 최종보철물에게까지 영향을 미치기 때문에 사전에 오류를 해결해야만 한다.

본 연구결과 가장 작은 RMS를 가진 스캐너는 I사의 청색광 스캐너였으나 통계분석에서 유의한 차이가 없음을 따라 귀무가설은 기각되지 않아 그룹간의 차이가 없는 것으로 나타났다. 분석에 사용된 스캐너들의 차이점을 비교 분석한 결과 Z사 스캐너의 경우 측정을 위한 광원이 아닌 구조형 광(조명 광)이 카메라와 함께 장착된 차이점이 있었다. 또한 카메라 방식에 비해 광원을 이용해 스캐닝을 하는 스캐너에서 결과가 더 높은 것으로 나타났다. 이러한 이유로 전 등[21]은 청색광 스캐너의 광원인 blue LED가 스캔 대상물에서 변수로 작용할 수 있는 색이나 형태 등의 영향을 백색광에 비해 덜 받는다고 보고하였다. 다만 본 연구에서 유의한 차이가 없었던 것과는 다르게 전의 연구에서는 blue light가 18.8 µm, white light가 33.4 µm로 조사되어 유의한 차이를 나타냈다.

Park 등의 연구에서도 청색광의 스캐너로 스캔한 3D 치아모형에 대해 반복측정 안정성을 평가하였는데, 그 결과값이 0.55~13.23 µm으로 조사되어 본 연구결과에 비해 낮은 것으로 나타났다. 그 이유는 비교하는 영역이 적을수록 오차범위도 줄어들기 때문에 치아영역만을 추출하여 비교한 Park 등의 연구결과와 차이가 낮은 것으로 사료된다[22].

또한 Park은 오차가 발생한 이유로 중첩 프로그램의 중첩 방식을 언급하였다. 3차원 중첩 프로그램은 두 가지 데이터를 중첩시켜 기준데이터로부터 벗어난 값을 측정하게 된다. 이때 중첩 방법에 따라 기준 값과 측정 값의 위치가 달라질 수 있기 때문에 그 기준을 설정하는 것이 중요하다고 볼 수 있다. 본 연구에서는 기존의 선행연구들에서와 마찬가지로 최적의 적합 기능인 best fit 중첩을 사용하였고, 이때 모든 데이터를 활용하여 중첩될 수 있도록 설정하였다.

ISO-12836에서는 반복측정 안정성 평가를 일정한 같은 환경에서 하나의 시편을 하나의 스캐너로 반복적인 스캐닝을 해야 하며, 그렇게 도출한 스캐닝의 데이터 간의 오차가 적을수록 높은 반복측정 안정성을 보여주고 있다[14][16][23]. 치과용 스캐너의 적정 오차수준은 연구결과마다 차이는 있으나 일반적으로 120 µm 이내의 범위를 충족해야 한다고 보고하고 있다[22].

스캐너의 오차로는 스캔 방식에 의한 것도 있겠으나

스캔 대상물인 치아의 형상이나 광택, 깊고 좁은 부분에서 정상적인 스캐닝이 이루어지지 않으면서 부정확한 재현을 초래하는 것으로 보고 있다[13][21]. 레이저 스캐너를 비교한 연구에서도 3차원으로 스캔된 치아모형의 접촉면이나 인접한 부분이 스캔되지 않거나 부정확하게 스캔되는 경우를 보고하였고 그 수치는 0.2-0.3 mm 정도로 존재한다고 하였다[12][24]. 비록 그 양이 크지는 않다고 하나 부정확한 데이터가 여러 부분에 형성된다면 최종적인 스캔데이터는 신뢰도가 낮을 수밖에 없기 때문에 미비한 양이라도 개선을 위해 지속적으로 관심을 가져야 할 것이다.

본 연구의 한계점으로 해당 연구는 스캐너의 반복성, 안정성에 관하여 스캐너에 영향을 미치는 요인을 연구한 만큼 스캐너의 정확도, 재현성에 관한 부분은 포함하지 않았다. 임상적으로 우수한 스캐너의 기준에 있어서 정확도, 재현성이 우수하지 않다면 이는 실제 임상적으로 우수하다고 평가하기에 어려운 부분이 있다. 따라서 우수한 스캐너의 평가 기준을 세우기 위해서는 각기 다른 환경에서의 스캔을 통해 반복재현성과 정확도 또한 연구에 포함하여 추가적인 연구를 진행해야 할 필요가 있다.

본 연구에서는 임상적 적용방식과 동일한 방법보다 실제 사용 시의 반복측정안정성을 동일하게 재현하기 위하여 실험 설계에 노력을 기울였다.

첫 번째로 임상적으로 가장 많이 사용되는 석고를 동일하게 사용하여 경석고 모형을 제작하였다. 또한 실제 사용 중인 스캐너를 이용한 스캐닝을 통해 임상적으로 사용하는 환경과 동일한 환경에서 안정성 평가를 실행하였다. 그러나 광학식 스캐너의 경우 빛의 성질에 의한 오차 등을 설명하기 어려운 부분이 존재한다[25]. 따라서 앞으로의 연구에서는 이러한 한계들을 극복할 수 있도록 오차를 줄이는 방안을 찾고, 스캐닝 품질 개선에 노력이 지속되길 바란다.

치과산업은 점차 디지털화 되어가고 있다. 치과 캐드캠 시스템을 기반으로 4차산업과 이어지면서 자연스럽게 디지털 치과보철에 대한 관심도 증가하는 추세이다[26][27]. 또한 제작시간이 단축되고 결과물도 정확해지면서 one day 보철의 실현이 가까워지고 있다. 이로 부터 디지털로 치과보철물 제작 시 구강 내 환경을 고

려하여 최적의 결과물을 제작할 수 있도록 지속적인 연구가 뒷받침되어야 할 것이다.

V. 결론

본 연구는 세 가지 치과용 스캐너의 반복측정 안정성에 대해 3차원으로 분석하여 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 청색광, 백색광 그리고 광학 방식의 스캐너에서는 반복측정 안정성에서 청색광의 오차가 가장 낮은 것으로 나타났다.
2. 위 세가지 스캐너의 반복측정 안정성에서 통계적으로 유의한 차이는 없었다.
3. 세 가지 스캐너는 임상에서 요구하는 기준(120 μ m 이내)을 충족하기 때문에 임상에서 사용이 가능하다.

참고 문헌

- [1] G. T. Lee, J. H. Kim, W. C. Kim, and J. H. Kim, "Three-dimensional evaluation on the repeatability and reproducibility of dental scanner-based digital models," *Journal of Korean Academic Dental Technology*, Vol.34, No.3, pp.213-220, 2012.
- [2] K. B. Kim, "Evaluation of clinical adaptation of dental prostheses printed by 3-dimensional printing technology," *Journal of Korean Academy of Dental Technology*, Vol.41, No.1, pp.1-7, 2019.
- [3] J. J. Lee, J. Y. Park, S. Y. Bae, J. H. Jeon, J. H. Kim, and W. C. Kim, "Evaluation of the model accuracy according to three types of dental scanner," *Journal of dental hygiene science*, Vol.15, No.2, pp.226-231, 2015.
- [4] T. V. Flügge, S. Schlager, K. Nelson, S. Nahles, and M. C. Metzger, "Precision of intraoral digital dental impressions with iTero and extraoral digitization with the iTero and a model scanner," *American journal of*

- orthodontics and dentofacial orthopedics, Vol.144, No.3, pp.471-478, 2013.
- [5] K. A. Jang, S. U. Heo, H. K. Kang, and S. J. Lee, "A Convergence Study on the Changes of Awareness and Preference according to the Clinical Application Experience of Digital Intraoral Scanners in Dental Hygienists," Journal of the Korea Convergence Society, Vol.9, No.7, pp.135-140, 2018.
- [6] J. S. Kim, *Comparison of learning curves between two different intraoral scanners*, Ewha womens university, Theses master, 2014.
- [7] M. Y. Huang, K. Son, W. S. Lee, and K. B. Lee, "Comparison of the accuracy of intraoral scanner by three-dimensional analysis in single and 3-unit bridge abutment model: In vitro study," J Korean Acad Prosthodont, Vol.57, No.2, pp.102-109, 2019.
- [8] T. S. Su and J. Sun, "Comparison of repeatability between intraoral digital scanner and extraoral digital scanner: An in-vitro study," Journal of prosthodontic research, Vol.59, No.4, pp.236-242, 2015.
- [9] Y. I. Chang, W. S. Yang, D. S. Nahm, and S. C. Moon, "A study for the development of the Korean orthodontic bracket," The Korean journal of orthodontics, Vol.30, No.5, pp.565-578, 2000.
- [10] S. Park, S. Jung, Y. Kim, and H. Kim, "Determination of secondary aliphatic amines in surface and tap waters as benzenesulfonamide derivatives using GC-MS," Analytical Science and Technology, Vol.31, No.2, pp.96-105, 2018.
- [11] H. Moussaoui, M. E. Mdaghri, A. Gouma, and B. Bennani, "Accuracy, repeatability and reproducibility of digital intraoral scanner for shade selection: current status of the literature," Oral Health Dental Sci, Vol.2, No.4, pp.1-6, 2018.
- [12] K. B. Kim and J. H. Kim, "Evaluations of the Accuracy and Reliability of Measurements Made on White Light Scanner-based Dental Digital Models," Journal of Korea Contents Association, Vol.12, No.10, pp.357-364, 2012.
- [13] J. H. Kim, J. K. Jung, and K. B. Kim, "Evaluation of validity of three dimensional dental digital model made from blue LED dental scanner," Journal of Korea Academia-Industrial cooperation Society, Vol.15, No.5, pp.3007-3013, 2014.
- [14] J. H. Jeon, D. Y. Kim, J. J. Lee, J. H. Kim, and W. C. Kim, "Repeatability and reproducibility of individual abutment impression, assessed with a blue light scanner," The Journal of Advanced Prosthodontics, Vol.8, No.3, pp.214-218, 2016.
- [15] S. Han, "Design of memory-efficient octree to query large 3D point cloud," Journal of the Korean Society of Surveying, Geodesy, Photogrammetry and Cartography, Vol.31, No.1, pp.41-48, 2013.
- [16] A. Ender, T. Attin, and A. Mehl, "In vivo precision of conventional and digital methods of obtaining complete-arch dental impressions," The Journal of prosthetic dentistry, Vol.115, No.3, pp.313-320, 2016.
- [17] A. Persson, M. Andersson, A. Oden, and G. Sandborgh-Englund, "A three-dimensional evaluation of a laser scanner and a touch-probe scanner," The Journal of prosthetic dentistry, Vol.95, No.3, pp.194-200, 2006.
- [18] <https://www.medit.com/previous-t-series>, 2021.01.15.
- [19] <https://www.zirkonzahn.com/us/cad-cam-systems/scanner-s600-arti>, 2021.01.15.
- [20] <https://doflab.com/ko/freedomhd/>, 2021.01.15.
- [21] J. H. Jeon, H. K. Sung, B. K. Min, J. S. Hwang, J. H. Kim, and W. C. Kim, "Comparison of reproducibility of prepared tooth impression scanning utilized with white and blue light scanners," Journal of Korean Academic Dental Technology, Vol.37, No.4, pp.213-218, 2015.
- [22] D. I. Park, H. J. Son, W. C. Kim, and J. H. Kim, "Evaluation of repeated measurement stability of dentition type of maxillary anterior tooth:

an in vitro study,” Journal of Korean Academic Dental Technology, Vol.41, No.3, pp.211-217, 2019.

[23] J. H. Kim, J. S. Lee, and J. S. Shim, “Comparative study of accuracy of digitized model fabricated by difference optical source of non-contact 3D dental scanner,” Journal of Korean Academic Dental Technology, Vol.39, No.4, pp.227-233, 2017.

[24] O. Zilberman, J. A. Huggare, and K. A. Parikakis, "Evaluation of the validity of tooth size and arch width measurements using conventional and three - dimensional virtual orthodontic models," Angle Orthod, Vol.73, No.3, pp.301-306, 2003.

[25] T. H. Lee, H. B. Lee, and J. H. Kim, “Comparison of 2-dimensional marginal and internal fitness for the monolithic zirconia prosthesis using intraoral scanner and extraoral scanner: in vitro,” Journal of Korean Academic Dental Technology, Vol.41, No.3, pp.187-193, 2019.

[26] E. J. Bae, “ A study on the possession state of dental CAD/CAM system and usage satisfaction,” Journal of Korean Academic Dental Technology, Vol.42, No.1, pp.45-53, 2020.

[27] B. S. Kim and J. H. Kim, “Comparison of the accuracy of domestic dental intra-oral scanner(e-scanner) and model scanner,” Journal of Korean Academic Dental Technology, Vol.41, No.2, pp.53-61, 2019.

저 자 소 개

배 은 정(Eun-Jeong Bae)

정회원



- 2010년 8월 : 고려대학교 보건대학원(보건학석사)
- 2016년 2월 : 고려대학교 대학원 치의기공학 전공(이학박사)
- 2016년 3월 ~ 2019년 3월 : 고려대학교 보건과학연구소 연구교수
- 2016년 7월 ~ 2020년 6월 : 동국대학교 기계로봇에너지공학과 연구교수
- 2020년 7월 ~ 2021년 3월 : 동국대학교 스마트 커뮤니티 폴리싱 시스템(Googi) 개발 연구센터 연구교수
- 2021년 3월 ~ 현재 : ㈜이마스타덴탈허브 연구팀장 <관심분야> : 디지털 치과학, 치과 CAD/CAM, 치과보철학, Dental 3D printing, 치과 R&D

김 원 수(Won-Soo Kim)

정회원



- 2006년 2월 : 배재대학교 공과대학 대학원(재료공학 박사)
- 2017년 8월 ~ 2019년 6월 : 한국치기공(학)과 교수협의회 회장
- 2003년 ~ 2019년 : 한국보건의료인 치과기공사 국가시험 심사위원, 채점위원, 검토위원 등
- 2005년 ~ 2014년 : 대한치과기공학회지 편집위원, 심사위원 등
- 1990년 9월 ~ 현재 : 대전보전대학교 치기공과 교수 <관심분야> : 치과 CAD/CAM, 총의치기공학, 금속 3D 프린팅

임 중 연(Joong Yeon Lim)

정회원



- 1987년 : 서울대학교 금속공학과(공학사)
- 1990년 : U.C. Berkeley 기계공학과(공학석사)
- 1993년 : U.C. Berkeley 기계공학과(공학박사)
- 1996년 ~ 현재 : 동국대학교 기계로봇에너지공학과 교수 <관심분야> : 재료 및 설계, 융합설계, 지식재산, 스마트치안, 치안과학