

저작자표시-비영리-변경금지 2.0 대한민국

이용자는 아래의 조건을 따르는 경우에 한하여 자유롭게

• 이 저작물을 복제, 배포, 전송, 전시, 공연 및 방송할 수 있습니다.

다음과 같은 조건을 따라야 합니다:



저작자표시. 귀하는 원저작자를 표시하여야 합니다.



비영리. 귀하는 이 저작물을 영리 목적으로 이용할 수 없습니다.



변경금지. 귀하는 이 저작물을 개작, 변형 또는 가공할 수 없습니다.

- 귀하는, 이 저작물의 재이용이나 배포의 경우, 이 저작물에 적용된 이용허락조건 을 명확하게 나타내어야 합니다.
- 저작권자로부터 별도의 허가를 받으면 이러한 조건들은 적용되지 않습니다.

저작권법에 따른 이용자의 권리는 위의 내용에 의하여 영향을 받지 않습니다.

이것은 이용허락규약(Legal Code)을 이해하기 쉽게 요약한 것입니다.

Disclaimer 🖃





치의학석사 학위논문

체계적 문헌고찰: 치과용 CAD/CAM 스캐너의 종류와 그 결과물의 임상적용 가능성

2018년 2월

서울대학교 대학원 치의학과 (치의학 전공) 최 정 훈

체계적 문헌고찰: 치과용 CAD/CAM 스캐너의 종류와 그 결과물의 임상적용 가능성

지도교수 노 상 호

이 논문을 치의학석사 학위논문으로 제출함 2018년 2월

> 서울대학교 대학원 치의학과 (치의학 전공) 최 정 훈

최정훈의 치의학석사 학위논문을 인준함 2018년 2월

위 원 장 <u>이 승 표 (인)</u> 부위원장 <u>노 상 호 (인)</u> 위 원 <u>박 영 석 (인)</u>

체계적 문헌고찰: 치과용 CAD/CAM 스캐너의 종류와 그 결과물의 임상적용 가능성

1. 목 적

본 논문에서는 치과용 캐드캠의 첫 번째 구성 요소인 치과용 스캐너의 종류와 장단점을 살펴볼 것이며, 또한 출판된 기존의 실험 논문과 문헌을 참고하여 디지털 방식으로 제작된 단일 수복물의 변연 오차의 정도와 임상적 적용에 대한 유의미성을 검토해 볼 것이다.

2. 방 법

문헌 수집을 위해서 PubMed과 JPD (The Journal of Prosthetic Dentistry) 총 두 가지의 온라인 데이터베이스 종류를 활용하였으며, "CAD/CAM," "CAM," "marginal," "accuracy," "discrepancy," "fit"을 초기 검색 주제어로 검색을 실시하였다. 최초 검색된 논문은 총 214편이였으며, 체계적 문헌고찰 및 비교 분석을 위해 inclusion과 exclusion criteria 설정 후 그에 따른 최종 비교 분석된 논문은 총 8편이었다. 체계적 문헌 고찰을 위해 PICO 설정이 필요했다. PICO는 각각 (P): Population or Patient, (I): Intervention, (C): Comparison, (O): Outcome를 뜻하며 본 연구를 위해 설정된 질문은 (P) single crown 수복이 필요한 환자들 중에서 (I) CAD/CAM 스캐너를 이용할 경우 (C) 일반적인 인상 방식과 비교했을 때 (O) 그 결과물이 임상적인 허용범위 내에 존재하는지 알아보았다. 각각의 연구는 반드시 실험군과 대조군을 포함하는 논문이었으며, 변연 적합도 값은 평균 변연 불일치 값±표준 편차 값(μm) 으로 표기하였다.

3. 결 과

총 8편의 논문의 결과들을 비교 분석한 결과, single crown 수복이 필요한 환자들 중에서 CAD/CAM 기술을 이용해 제작한 보철물의 변연의 적합도는 일반적인 기공 방식과 비교했을 때 모두 임상적인 허용범위 (120μm) 내에 존재함을 알 수 있었다. 8편의 논문에 사용된 7가지의 CAD/CAM 시스템은 iTero, E4D, Echo, Everest, 3Shape, LAVA, 그리고 CEREC 이였으며 구강 내 스캔을 통한 직접 입력법이 가능했던 E4D, 3Shape, 그리고 CEREC를 사용한 연구에서 비교적 낮은 평균 변연오차 값과 표준편차 값을 나타내었다. 모두 비접촉식 간접 입력법을 사용한 iTero, Echo, Everest, 그리고 LAVA 시스템으로 제작한 수복물의 평균 변연 오차의 폭은 35.32±4.40μm에서 117.5±54.36μm까지 넓고 다양하게 나타났다.

주요어: "CAD/CAM," "CAM," "marginal," accuracy," "discrepancy,"

"fit"

학 번: 2014-23029

목 차

제 1 장. 서 론 1	
제 2 장. 연구대상 및 연구방법 3	
제 1 절. 연구대상 3	
1. 치과용 스캐너의 종류 3	
2. 접촉식 스캐너의 장점과 단점 4	
3. 비접촉식 스캐너의 장점과 단점 4	
제 2 절. 연구방법 6	
1. 문헌선택 방법 6	
2. PICO 접근법 7	
제 3 장. 결 과 9	
제 1 절. 논문 분류에 따른 변연적합도9	
제 2 절. PICO 접근에 대한 해석 ···································	
יים ביים מביים וויים	
. 1 4 명 1	
제 4 장. 고 찰13	
제 5 장. 결 론15	
참고문헌16	
Abstract ······· 19	

표 목 차

[丑	1]	6
[丑	2]	 8
[3]	 10
[4]	 12

그림 목차

[그림	1]	 3
[그림	2]	 7

제 1 장. 서 론

심미적인 수복이나 보존적 치료를 위해 과거에서부터 현재까지 치과의사와 치과 기공사는 수많은 노력과 긴밀한 협업을 통해 높은 품질의 치과용수복물을 제작해왔지만, 대부분의 기공물은 여전히 치과 기공사의 노동에의존하고 있다¹⁾. 이 같은 단점들을 보완하기 위해 개발된 것이 치과용 CAD/CAM으로서 인상채득 후 수작업으로 이루어지는 아날로그적인 수복물 제작방식에서 벗어나 새로운 패러다임을 제공할 수 있게 되었다²⁾.

치과용 CAD/CAM을 풀어서 설명하면 Computer Aided Design 과 Computer Aided Manufacture의 약자로서 전통적인 치과 기공사가 작업하는 왁스업 과정과 매몰 후 금속으로 주조되는 과정 없이, 컴퓨터와 기계로 디지털화된 방식으로 제작되는 수복물을 일컫는다. 이러한 치과용 캐드캠시스템은 총 세 가지 부분으로 나눌 수 있는데, 첫 번째는 스캐너를 통한 환자의 디지털 인상 과정, 두 번째는 디자인 소프트웨어를 이용한 수복물의설계, 그리고 마지막으로 프로세싱 디바이스의 재료 가공으로 분류할 수 있다3).

치과용 캐드캠의 이점으로는 치과 기공사의 수작업에서 발생하는 오차의 정도와 빈도를 줄일 수 있고, 캐드캠으로 완성된 수복물은 변연 적합도도 뛰어나며, 질적인 측면에서 효과적으로 수복물을 관리할 수 있다. 또한 zirconia와 같은 도재 수복 재료를 심미적으로 변형하여 사용하거나, 효율적이고 간결한 제작 공정이 특징적이다. 그리고 진료실에서의 인상채득 후 치과 기공사에게 직접 모델을 직접 전달할 필요가 없기 때문에 인건비를 절약함과 동시에 수복물을 제작하는 시간도 줄일 수 있으며, 이러한 일련의 표준화된 과정 속에서 짧은 시간 내에 대량생산도 가능하다3).

그러나 위 이점들에 비해 치과용 캐드캠의 한계점 또한 존재한다. 현재 시중에 판매되고 있는 치과용 캐드캠들은 가격이 지나치게 높게 형성되어 있어 실제로 사용을 하는데 있어 경제적인 부담이 따르고 물리적으로 공간 도 많이 차지하기 때문에 진입장벽이 높다고 볼 수 있다3). 본 논문에서는 치과용 캐드캠의 첫 번째 구성 요소인 치과용 스캐너의 종류와 장단점을 살펴볼 것이며, 또한 출판된 기존의 논문과 문헌을 참고하여 디지털 방식으로 제작된 단일 수복물의 변연 오차의 정도와 임상적 적용에 대한 유의미성을 검토해 볼 것이다.

제 2 장. 연구대상 및 연구방법

제 1 절. 연구대상

1. 치과용 스캐너의 종류

치과용 캐드캠 시스템에서 첫 번째 과정은 스캐너를 이용한 환자의 디지털 인상 과정이라고 할 수 있다. 치아의 preparation후 전통적인 인상채득 방식을 사용하지 않고, 삭제된 치아의 정보를 입력하는 방법이자 독일에서 개발된 CEREC 시스템과 같이 구강 내 스캐너를 사용하여 입안 내부 촬영을 통해 직접 입력법⁴) 과 stone model을 제작한 뒤 입력하는 간접 입력법이 존재한다(그림 1). 그리고 스웨덴에서 개발된 Procera 시스템처럼 접촉침을 사용하여 치아에 바로 닿게 하여 선들을 기계적으로 인식하고 볼이 제공하는 위치 값과 세 개의 축을 통해 알 수 있는 좌표 데이터를 환산하여 3차원 구조를 측정하는 방법이 있다⁵).

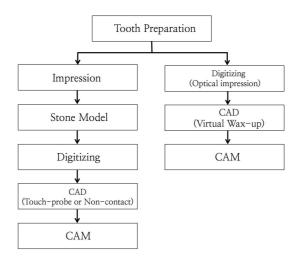


그림 1. 치과용 CAD/CAM 보철물 제작 모식도: 치아 형성 후, 보철물 제작 과정에 따른 (좌) 접촉식 또는 비접촉식 스캐너를 이용한 간접 입력법과 (우) 직접 입력법

2. 접촉식 스캐너의 장점과 단점

접촉식 스캐너는 접촉 침이 바로 계측하고자 하는 치면 또는 contour에 직접적으로 닿으면서 스캔하는 원리를 사용한다. 이러한 방식은 볼이 물체에 닿는 위치를 반영하는 값, 그리고 기계의 3개의 다른 축에서 제공하는 좌표값을 환산하는 3차원 측정기 방식을 이용하여 3차원적 구조를 데이터 화하는 이론을 적용 시킨다6). 이 같은 접촉식 스캐너는 움직이는 속도가 느리고 말단 부분의 접촉 침의 직경이 작을수록 더욱 정확하다고 알려져 있는 반면, 스캐닝 속도 자체가 빠르지 않기 때문에 일반적인 작업환경에서 사용하는 데에는 한계점이 분명히 존재한다5).

또한 접촉식 스캐너 방식은 물리적인 위치 이동이나 외부환경의 자극에 매우 민감하기 때문에 세밀한 스캔을 위해 특별한 환경이 만들어져야 한다는 까다로움이 있다. 접촉식 스캐너를 이용한 치과용 보철물 제작 시 모델에 접촉 침이 직접 닿으면서 스캔하기 때문에 정확성은 우수하다고 할 수 있지만, 반복적인 스캐닝 과정으로 인해 모델에 손상 또는 변형을 유발할수 있고 접촉 침의 말단 직경보다 더 작은 micro-undercut 부위에서는 정확성이 다소 떨어진다는 단점이 있다?).

3. 비접촉식 스캐너의 장점과 단점

이러한 단점을 보완하기 위해 비접촉식 방법을 이용한 스캔 방법이 새로 도입되었고, 비접촉식 방법은 크게 레이저 방식과 백색광 방식으로 나눌 수 있다. 비접촉식 스캐너는 기존에 사용되던 접촉식 스캐너와 비교했을 때 더 선명하고 정확한 이미지 정보를 얻을 수 있다는 특징과 단축된 스캔 시 간으로 현재 임상분야에서도 많이 사용되고 있으며 치과용 스캐너 시장에서 높은 수요를 보이는 추세이다8)9).

또한 최근에는 대부분의 모델 스캐너가 1차원 방식의 광원 대신 구조광을 사용하여 신속한 스캔을 도모하기도 한다. 이것은 스캔하고자 하는 표면

에 그리드 또는 줄무늬처럼 구조화된 특정 광을 조사한 후, 변형된 격자의형태를 카메라로 인식하고 삼각 측량법을 통해 3차원 형상 정보를 얻어내는 방식이다¹⁰⁾. 이처럼 구조화된 특정 광 패턴을 이용하는 방식은 짧은 시간내에 한가지의 라인-패턴을 치면에 감싸며 3차원적인 데이터를 얻는 1차원패턴 방식보다 세밀하고 높은 질의 스캐닝 결과물을 창조하며 훨씬 풍부하고 정밀한 자료 수집을 할 수 있다는 장점이 특징적이다¹¹⁾.

안정성 또한 우수하다고 알려진 비접촉식 스캐너는 측정 속도도 단축되었고 빛의 반사를 이용해 복잡한 치면이나 외형, 윤곽까지도 훨씬 간편하게 측정할 수 있다. Sharp cusp 및 incisal edge, deep groove나 fossa, thin margin 등 접촉식 스캐너의 침이 닿기 힘들거나 손상에 취약한 부위까지 모형의 변형 없이 재현하는데 유리하다고 알려져 있다12).

- (1) 비접촉식 스캔의 첫 번째 방식은 레이저 광원을 사용한 방식이다. 얻어야할 치수를 삼각 측량법을 이용하여 3차원 형상에 닿은 레이저빔이 측 정 parameter인 전하 결합소자 배열의 눈금을 가리키면서 렌즈 초점과 레 이저 사이의 거리를 알 수 있게 된다. 이 같은 비접촉식 스캔방법은 투영된 레이저 줄무늬의 모습을 이용하여 물체의 면적을 정확하게 측정해낼 수 있 다13).
- (2) 비접촉식 스캔의 두 번째 방식은 가장 최근에 개발 및 도입된 기술로서 백색광의 특정 패턴을 물체에 조사한 뒤, 그 변형된 패턴의 형태를 감지하여 3차원적인 정보를 알 수 있는데, 우선 큰 폭의 격자를 사용한 뒤 점차폭을 반씩 줄여가면서 여러 횟수에 걸쳐 빛을 조사한다. 이처럼 조사된 여러 장의 이미지를 순차적으로 측량 및 계산하고 위와 같이 삼각 측량법을 이용해 데이터 값을 확보하여 여러 다른 각도에서 획득한 원근의 이미지를 합하여 최종정보를 완성해낸다10).

제 2 절. 연구방법

1. 문헌선택 방법

본 연구는 치과용 CAD/CAM으로 제작된 보철물 변연의 적합도에 관하여 실험된 논문의 결과들을 고찰하고자 하였다. 문헌 수집을 위해서 PubMed과 JPD (The Journal of Prosthetic Dentistry) 총 두 가지의 온라인 데이터베이스 종류를 활용하였으며, "CAD/CAM," "CAM," "marginal," "accuracy," "discrepancy," "fit"을 초기 검색 주제어로 검색을 실시하였다. 최초 검색된 논문은 총 214편이였으며, 체계적 문헌고찰 및 비교 분석을 위해 inclusion과 exclusion criteria 설정 (표 1) 후 그에 따른 최종 논문은 총 8편이었다 (그림 2).

표 1. 비교 분석을 위한 Inclusion and Exclusion Criteria

Inclusion	Exclusion		
1. 논문 제목이 주제와 관련됨2. in vitro 또는 in vivo 에서 연구3. Single crown 수복물로 진행된 연구3. 정량적 결과를 제공4. 실험군 및 대조군 존재5. 2010년 이후에 발표된 연구	1. 리뷰 논문2. 설문 조사에 기초한 연구3. Multi-unit을 포함한 연구3. 동물 연구4. 실험군 및 대조군 없음5. 2010년 이전에 발표된 연구		

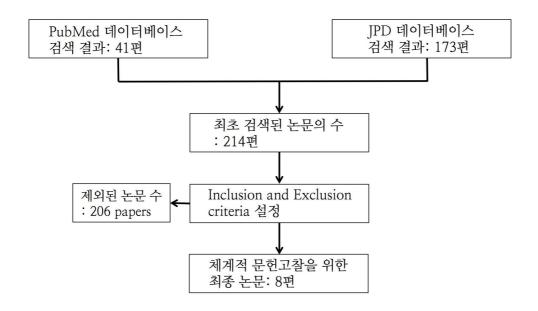


그림 2. 문헌 검색과 Inclusion and Exclusion Criteria 완료 후 최종 추합된 논문 모식도

2. PICO 접근법

PICO란 각각 (P): Population or Patient, (I): Intervention, (C): Comparison, (O): Outcome을 뜻하며 근거중심에 기초한 의학에서 체계적 분석이 필요한 경우, 특정 환자나 문제에 관련하여 임상적 질문을 상세하게 정의하여 조사자가 문헌에서 임상적으로 관련된 증거를 찾고자 할 때 널리쓰이는 방식이다. 또한 PICO 접근법은 조사자가 데이터베이스를 검토하는 범위를 실질적으로 좁혀주며 연구에 필요한 주요 정보를 추출하는데 유익하게 사용된다¹⁴). 본 연구 주제를 위해 설정된 PICO 질문은 다음과 같았다(표 2).

표 2. PICO 접근법으로 설계된 질문

PICO 항목	PICO 질문
P (Patient; 환자 또는 대상) I (Intervention; 치료방법) C (Comparison; 비교대상) O (Outcome; 결과)	Single crown 수복이 필요한 환자들 중에서 치과용 CAD/CAM 기술을 이용할 경우 일반적인 보철물 제작 방식과 비교했을 때 임상적인 허용범위 내에 존재하는가?

제 3 장. 결 론

제 1 절. 논문 분류에 따른 변연 적합도

최초 검색을 통해 발견된 논문은 총 213편이었으나, 2000년도 초반에 개재된 논문이 많았으며 치과용 CAD/CAM으로 제작된 보철물이 실제 환자에게 임상에서 쓰이게 된지는 그리 오래되지 않았다는 점을 고려하여 2010년 이후부터 현재까지 발표된 논문을 기초로 자료를 수집하였다. 또한 논문들에서 CAD/CAM으로 제작된 보철물의 길이가 single unit to multi-unit bridge나 coping 등 매우 다양했기 때문에 획일화된 기준을 설정하기 위해 single crown으로 실험 된 연구 중에서 동물 실험을 제외한 *in vitro* 또는 *in vivo* 환경에서 정략적인 결과 값을 산출한 논문만으로 제한하였다. 이렇게 체계적인 문헌고찰을 위해 선택된 논문은 An *et al.* (2014)¹⁵⁾, Anadoti *et al.* (2013)¹⁶⁾, Biscaro *et al.* (2012)¹⁷⁾, Han *et al.* (2011)¹⁸⁾, Nawapat *et al.* (2017)¹⁹⁾, Ng *et al.* (2014)²⁰⁾, Seelbach *et al.* (2013)²¹⁾, Tidehag *et al.* (2013)²²⁾, 그리고 이렇게 총 8편이었다.

모든 데이터는 논문의 저자 및 년도, 실험 개채의 수, 스캐너의 종류, 수복물의 종류, 검사 방법, 실험군과 대조군의 변연 적합도, 통계적 유의미성의 여부로 분류하여 나열하였다. 각각의 디지털 인상 CAD/CAM 시스템으로 제작된 보철물의 변연 적합도를 평가하기 위해서 광학 현미경 또는 입체전자현미경이 사용되었으며, 그 데이터는 평균 변연 불일치값 ± 표준 편차값(µm)으로 표기되었다. 논문 연구에 사용된 개체의 수는 적게는 n=15에서 많게는 n=30까지 다양했다. 8편의 논문에 사용된 CAD/CAM의 제조사는 iTero, E4D, Echo, Everest, 3Shape, LAVA, 그리고 CEREC까지 총 7가지였으며 LAVA 시스템은 Ng et al. (2014)과 Tidehag et al. (2013)두 논문에 중복 사용 되었고 최종 제작으로 이어진 수복물 재료의 종류는 지르코니아, 장석도재, 또는 티타튬 코핑 이였다. 그에 따른 표는 아래와 같다(표 3).

Inclusion 설정에 따라 모든 논문 연구는 실험군과 대조군을 필수적으로 포함하고 있어야 했기에 대조군의 변연 적합도 역시 표기되었고, 해당 연구의 통계적 유의미성을 판단한 p—값도 기재되었다. 그 결과 8개의 논문 중8개의 논문 모두 통계적 유의미성을 나타내었다. 하지만 Ng et al. (2014), Seelbach et al. (2013), 그리고 Tidehag et al. (2013) 위 3편의 논문을 제외한 나머지 5편의 연구에서는 실험군의 변연 적합도가 대조군보다 상대적으로 큰 값의 변연 적합도를 나타내었다. 각각 논문의 변연 적합도와 통계적 의미가 파악된 후 8편 논문들이 PICO 설정에 부합하는지 알아보기 위해 실험논문에 기술된 자료를 토대로 비교 분석을 시행하였다.

표 3. 논문 분류 항목에 따른 변연 적합도

Author (yr)	Sample Size	System	Material	Exam	Experimental MD±SD(µm)	Controlled MD±SD(µm)	Statistical Significance
An et al. (2014)	n= 20	iTero	Zirconia	LM	103.3 ±15.61	92.67 ±13.94	Yes (p<0.05)
Anadoti et al. (2013)	n= 30	E4D	Lithium discilicate	LM	74.50 ±21.23	58.00 ±25.08	Yes (p<0.05)
Biscaro et al. (2012)	n= 20	Echo	Zirconia	OM	35.32±4.40	33.42±5.2	Yes (p<0.05)
Han <i>et</i> <i>al.</i> (2011)	n= 20	Everest	Titanium coping	OM	59.8±14.9	52.2±14.2	Yes (p<0.001)
Nawapat et al. (2017)	n=16	3Shape	Zirconia	SEM	61.52±31.77	56.29±40.00	Yes (p<0.05)
Ng <i>et al.</i> (2014)	n= 15	LAVA	Lithium discilicate	SEM	48±25	74±47	Yes (p<0.05)
Seelbach et al. (2013)	n= 30	CEREC	Lithium discilicate	LM	39.67 ±21.09	49.75 ±29.93	Yes (p<0.05)
Tidehag et al. (2014)	n= 18	LAVA	Zirconia	LM	117.5 ±54.36	132.67 ±69.77	Yes (p<0.001)

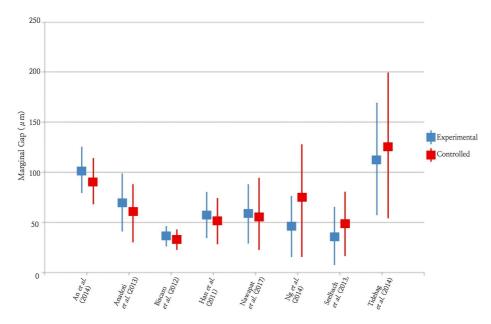
*LM: Light Microscope, OM: Optical Microscope, SEM: Scanning Electron Microscope, MD: Marginal Discrepancy, SD: Standard Deviation.

제 2 절. PICO 접근에 대한 해석

현재 대부분의 학자들은 보철물 제작 시 120µm 이하의 변연 오차가 임 상적으로 받아들여질 수 있다는 것에 동의한다. 또한, 보철물과 지대주 사이의 최소한의 간격을 부여함으로서 보철물의 정확한 삽입을 가능하게하며 접착재료가 균일하게 도포되기 위해서 평균적으로 25~50µm가 필요하다고 보고되고 있다²³⁾²⁴⁾²⁵⁾.

본 연구를 위해 설정된 질문은 (P) single crown 수복이 필요한 환자들 중에서 (I) CAD/CAM 스캐너를 이용할 경우 (C) 일반적인 인상 방식과 비교했을 때 (O) 그 결과물이 임상적인 허용범위 내에 존재하는지 알아보기 위함이었다. 이 PICO 설정에 대한 8편의 논문 결과 값들을 종합해본 결과, 디지털로 인상하여 제조된 수복물의 변연 적합도가 대조군인 기존 방식의 인상방법을 사용했을 때와 유사한 값을 나타냄을 알 수 있었다 (표 4). 또한 취합된 8편의 논문 결과에 따르면 변연의 적합도(Marginal Adaptation)는 평균 변연 불일치 값 (Marginal Discrepancy) ± 표준 편차값 (Standard Devition)μm으로 정의되었고, Biscaro et al. (2012) 논문에서 Echo 시스템으로 지르코니아 수복물을 제작하였을 때 35.32±4.40μm로 가장 낮은 변연의 적합도를 나타내었지만 Tidehag et al. (2013) 논문에서는 같은 수복물 재료이긴 하나 LAVA 시스템으로 제작하였을 때 117.5±54.36μm로 가장 크고 넓은 변연 적합도 값을 나타내었다. 하지만 이평균값 역시 앞서 소개된 임상적 변연 오차의 한계인 120μm과는 매우 유사하거나 비교적 낮은 값이라고 볼 수 있다.

班 4. Experimental VS Controlled Marginal Gap



위는 논문 저자별로 치과용 CAD/CAM으로 제 작된 single crown의 변연 적합도를 실험군과 대조군으로 나누어 그 평균값과 표준 편차값을 나타낸 그래프이다. 보는 바와 같이, 개별 연구 내에서 평균 변연 불일치 또는 오차값은 서로 유사했으며 통상적인 인상 방법으로 채득한 대조군과 치과용 CAD/CAM으로 인상한 실험군의 표준 편차값 역시 크게 다르지 않음을 알수 있었다. 또한 평균 변연 오차값은 Tidehag et al. (2013) 연구에서의 대조군을 제외한 모든 실험에서 변연오차 한계값인 120μm보다 낮다는 점도그래프를 통해 시각적으로 확인되었다.

제 4 장. 고 찰

위에서 거론된 8편의 연구는 Biscaro et al. (2012)와 Nawapat et al. (2017)을 제외하고는 나머지 6편 모두 in vitro 환경에서 single crown을 제작하는 실험으로 진행되었으나 수복물의 재료와 CAD/CAM 제조사에 따른 차이가 존재했다. 실험을 위해 사용된 치과용 CAD/CAM은 iTero, E4D, Echo, Everest, 3Shape, LAVA, 그리고 CEREC까지 총 7가지 회사에서 출시한 제품이었다.

그 중 E4D, CEREC, 그리고 3Shape을 제외한 4가지 제품은 모두 비접촉식 스캐너를 이용한 간접 입력법을 사용하였다. 하지만 E4D, CEREC, 그리고 3Shape은 구강 내 스캔을 통한 직접 입력법이 가능하고, 이들을 사용한 그 결과 또한 Anadoti et al. (2013) 연구에서는 74.50±21.23μm, Nawapat et al. (2017) 연구에서는 61.52±31.77μm, 그리고 Seelbach et al. (2013) 연구에서는 39.67±21.09μm, 그리고 로 낮은 평균 변연 오차값과 표준 편차값을 나타내었다. 이 같은 차이는 간접입력법의 경우, 통상적인 인상을 한번 거친 후 완성된 모델을 스캔해야하기 때문에 인상재의 수축이나 변형, 그리고 반복 복재를 통한 모델손상에서 오는 실험적인 오류에기인한다고 볼 수 있다. 모두 비접촉식 간접 입력법을 사용한 iTero, Echo, Everest, 그리고 LAVA 시스템으로 제작한 수복물의 평균 변연 오차의 폭은 35.32±4.40μm에서 117.5±54.36μm까지 넓고 다양하게 나타났다.

이러한 정략적 평가에서 한 가지 더 생각해볼 수 있는 한계는 물체를 실제로 측정하는 점의 개수이다. 3D 측정방법을 사용할 경우, 측정가능한 점의 개수는 3500개 이상이 되는 경우도 있으며 매우 다양하기 때문에 앞서다뤄진 8편의 논문에서 어떠한 측정 프로토콜을 사용했느냐에 따라 본 논문의 핵심인 변연 적합도를 측정하는데 변수가 발생할 수 있다10).

또 다른 한계점은 바로 변연오차에 대한 정의이다. 절대 변연오차 (Absolute marginal gap)은 보철 수복물의 모서리와 삭제된 치아의 경계 사이의 거리에 해당하는데, 각 연구마다 경계를 측정하는 기준에 차이가 존재할 수 있으며 치아 삭제 시 형성된 변연의 형태(shape of margin; i.e.

chamfer, shoulder, knife-edge)에 따라 측정되는 결과 수치에도 영향을 줄 수 있을 것이다.

하지만 과거의 치의학에서부터 사용되어 왔던 알지네이트나 부가 중합형 인상재를 이용한 인상 채득법에 비해 치과용 CAD/CAM 기술은 술자와 환 자 모두에게 많은 편의를 제공할 뿐만 아니라 앞으로의 발전 가능성 또한 무한하다. 섬세하고 많은 노동력을 필요로 하는 치과 기공사의 수작업을 거 치지 않으며, 디지털 스캐너와 밀링 머신을 활용하여 치료 당일에 환자들에 게 즉시 수복물을 제공할 수 있다는 점이 획기적인 이점이며 이미 여러 진 료실에서 사용되고 있기도 하다.

제 5 장. 결 론

체계적인 문헌고찰을 위한 inclusion과 exclusion criteria에 의거한 총 8 편의 논문의 결과들을 비교 분석한 결과, single crown 수복이 필요한 환자들 중에서 CAD/CAM 기술을 이용해 제작한 보철물의 변연의 적합도는 일반적인 기공 방식과 비교했을 때 8편의 논문 모두 임상적인 허용범위 내에존재함을 알 수 있었다. 수복하는 재료에 따른 특이 경향성은 관찰되지 않았지만, 구강 내 환경에서 삭제가 끝난 치아를 바로 스캔할 수 있는 직접입력법을 이용한 digitalizing이 간접입력법에 비해 더 낮은 평균 변연 오차값을 나타내었다. 하지만 본 문헌고찰에 사용된 8편의 연구 중 6편이 in vitro 환경에서 보철물이 지대치에 영구 접착되기 전에 이루어졌기 때문에 CAD/CAM으로 제작된 보철물의 임상적 관련성은 낮을 수 있으며, 더불어 in vivo 환경에서 수복물의 수명에 대한 평가 역시 추후에 이루어진다면 더욱 포괄적인 평가가 가능할 것이다.

앞서 언급된 연구들을 통해서 밝혀진 치과용 캐드캠의 한계점들은 현저하지만, 노동집약적이었던 과거의 치과용 수복물과 보철물 제작방식을 향상시키고 환자와 치과 의료진 모두가 만족할 수 있는 방향으로 점차 개선이 되어가고 있다는 점에서 치과용 캐드캠의 도입을 긍정적인 시선으로 바라볼수 있을 것이다. 이 같은 발전은 앞으로 치과 기공사의 업무 영역 역시 지금보다 다소 좁아질 수 있다는 지적이 있긴 하지만, 점차 현대화 되고 있는 여러 분야의 산업들처럼 언젠가는 불가피한 상황이 될 수도 있다. 또한 치과용 캐드캠의 보급적인 측면에 있어서 누구에게나 많은 경제적인 부담으로 다가올 수 있지만, 지금보다 더 많은 연구와 개발이 이루어지고 치과용 의료기기 시장이 활성화를 띈다면 치과용 캐드캠의 보편화 또한 실현 불가능한 일은 아닐 것이다. 이러한 변화는 임상의들에게 여러 가지 편의와 가능성을 제공해 줄 것이며 대한민국 치과계의 디지털화에 있어서 새로운 도약과 발전의 기틀을 마련해 줄 것이다.

참고 문헌

- 1) Miyazaki T, Hotta Y, Kunii J, Kuriyama S, and Tamaki Y. (2009). A review of dental CAD/CAM: current status and future perspectives from 20 years of experience. *Dental Materials Journal*, 28(1), 44-56.
- 2) Christensen GJ. (2009). Impressions are changing: deciding on conventional, digital or digital plus in-office milling. *Journal of American Dental Association*, 140(2), 1301-1304.
- 3) 강동완 외 24인. (2012). 고정성 치과보철학. 대한나래출판사, 440-459.
- 4) Christensen G. J. (2009). Impressions are changing: deciding on conventional, digital or digital plus in-office milling. *Journal of American Dental Association*, 140(6), 1301-1304.
- 5) May K, Russell M, Razzoog M, and Lang B. (1998). Precision of fit: the Procera AllCeram crown. *Journal of Prosthetic Dentistry*, 80(4), 394-404.
- 6) Beuer F, Schweiger J, and Edelhoff D. (2008). Digital dentistry: An overview of recent developments for CAD/CAM generated restorations. *British Dental Journal*, 204(9), 505-511.
- 7) Quaas S, Rudolph H, and Luthardt RG. (2007) Direct mechanical data acquisition of dental impressions for the manufacturing of CAD/CAM restorations. *Journal of Dentistry*, 35(12), 903-908.
- 8) Kuroda T, Motohashi N, Tominaga R, and Iwata K. (1996). Three-dimensional dental cast analyzing system using laser scanning. *American Journal of Orthodontics*, 110(1), 365-369.
- 9) Motohashi N, and Kuroda T. (1999). A 3D computer-aided design system applied to diagnosis and treatment planning in orthodontics and orthogonathic surgery. *European Journal of Orthodontics*, 21(3), 263-274.
- 10) Rudolph H, Luthardt R, and Walter M. (2007). Computer-aided analysis of the influence of digitizing and surfacing on the accuracy in dental CAD/CAM technology. *Computers in Biology and Medicine*, 37(5), 579-587.
- 11) Sansoni G, Trebeschi M, and Docchio F. (2009). State-of-The-Art and applications of 3D imaging sensors in industry. *Sensors*, 9(1), 568-601.
- 12) Persson A, Andersson M, Oden A, and Sandborgh-England G. (2006). A three-dimensional evaluation of a laser scanner and a touch-probe scanner.

- Journal of Prosthetic Dentistry, 95(3), 194-200.
- 13) Mehl A, Gloger W, Kunzelmann H, and R. Hickel. (1997). A new optical 3D device for the detection of wear. *Journal of Dental Research*, 76(5), 1799-1807.
- 14) Liberati A, Altman D, Tetzlaff J, Mulrow C, Gøtzsche P, and Ioannidis J. (2009). The Prisma statement for reporting systematic reviews and meta-analyses of studies that evaluate health care interventions: explanation and elaboration. *Journal of Clinical Epidemiology*, 62(4), 1-34.
- 15) An S, Kim S, Choi H, and Lee J. (2014). Evaluating the marginal fit of zirconia copings with digital impressions with an intraoral digital scanner. *Journal of Prosthetic Dentistry*, 112(5), 1171-1175.
- 16) Anadioti E, Aquilino S, Gratton D, Holloway J, Denry I, and Thomas G. (2013). 3D and 2D marginal fit of pressed and CAD/CAM lithium disilicatecrow ns made from digital and conventional impressions. *Journal of Prosthetic Dentistry*, 23(8), 610-617.
- 17) Biscaro L, Bonfiglioli R, Soattin M, and Vigolo P. (2012). An in vivo evaluation of fit of zirconium—oxide based ceramic single crowns, generated with two CAD/CAM systems, in comparison to metal ceramic single crowns. *Journal of Prosthetic Dentistry*, 22(1), 36-41.
- 18) Han H, Yang H, Lim H, and Park Y. (2011). Marginal accuracy and internal fit of machine-milled and cast titanium crowns. *Journal of Prosthetic Dentistry*, 106(3), 75-82
- 19) Nawapat S, and Chalermpol L. (2017). Clinical marginal fit of zirconia crowns and patients' preferences for impression techniques using intraoral digital scanner versus polyvinyl siloxane material. *Journal of Prosthetic Dentistry*, 118(3), 386-391.
- 20) Ng J, Ruse D and Wyatt C. (2014). A comparison of the marginal fit of crowns fabricated with digital and conventional methods. *Journal of Prosthetic Dentistry*, 112(3), 555-560.
- 21) Seelbach P, Brueckel C, and Wöstmann B. (2013). Accuracy of digital and conventional impression techniques and workflow. *Clinical Oral Investigations*, 17(7), 1759-1764.
- 22) Tidehag P, Ottosson K, and Sjögren G. (2014)) Accuracy of ceramic restorations made using an in-office optical scanning technique: An in vitro

- study. Journal of Operative Dentistry, 39(3), 308-316.
- 23) Demir N, Ozturk A, and Malkoc M. (2014). Evaluation of the marginal fit of full ceramic crowns by the micro-computed tomography (micro-CT) technique. *European Journal of Dentistry*, 8(4), 437-444.
- 24) El-Dessouky R, Salama M, Shakal M, and Korsel A. (2015). Marginal adaptation of CAD/CAM zirconia-based crown during fabrication steps.
- Tanta Dental Journal, 12(2), 81-88.
 25) Kale E, Yilmaz B, Seker E, and Özcelik T. (2017). Effect of fabrication stages and cementation on the marginal fit of CAD-CAM monolithic zirconia crowns. Journal of Prosthetic Dentistry, 119(4), 56-62.

Abstract

Systematic Review: The Types of Dental CAD/CAM Scanners and its clinical applicability

Choi, Jung Hoon

Department of Dentistry

The Graduate School

Seoul National University

1. Purpose

In this systematic review, I will discuss about the types of dental CAD scanner along with their advantages and disadvantages of each type. In addition, the marginal adaptation of single crown restorations manufactured by dental CAD/CAM technology will be analyzed after assessing the published literatures.

2. Materials and Methods

PubMed and JPD (The Journal of Prosththetic Dentistry) were used for the online database collection and the primary search keywords were as following: "CAD/CAM," "CAM," "marginal," "accuracy,"

"discrepancy," and "fit." Initially, 214 journals were collected in the first

place but only 8 studies met the core purpose of this study after screening through inclusion/ exclusion criteria for the systematic review. Furthermore, PICO approach was applied for the evidenced based review, each letter representing: (P): Population or Patient, (I): Intervention, (C): Comparison, and (O): Outcome. The established PICO questions was (P): Among the patients who needed single crown restorations, (I): when CAD/CAM system was used, (C): compared with the conventional methods, (O): are they within the clinically applicable range? Each study must have experimental and controlled groups and the marginal adaptation was expressed as in mean marginal discrepancy±standard deviation(µm).

3. Results

When the 8 different studies were systematically reviewed, the marginal adaptation of all single crowns manufactured by the dental CAD/CAM systems were within the clinically acceptable (120μm) range. Total of 7 CAD/CAM systems were tested: iTero, E4D, Echo, Everest, 3Shape, LAVA, and CEREC. E4D, 3Shape and CEREC systems which are capable of direct scanning intra-orally provided comparatively lower mean marginal discrepancies and standard deviation values. The crowns manufactured by non-contact indirect scanning (iTero, Echo, Everest, and LAVA) systems yielded wide and diverse marginal discrepancies ranging from 35.32±4.40μm to 117.5±54.36μm.

keywords: "CAD/CAM," "CAM," "marginal," accuracy,"

"discrepancy," "fit"

Student Number: 2014-23029