

치과용 모형의 모형 부착 과정에서 발생하는 오차에 대한 문헌 고찰

Accuracy of conventional and digital mounting of dental models: A literature review

김철민¹·지운²·장재승¹·김선재^{1*}

Cheolmin Kim¹, Woon Ji², Jaeseung Chang¹, Sunjai Kim^{1*}

연세대학교 치과대학 ¹강남세브란스치과병원 치과보철과, ²보철과학교실

¹Department of Prosthodontics, Gangnam Severance Dental Hospital, School of Dentistry, Yonsei University, Seoul, Republic of Korea

²Department of Prosthodontics, School of Dentistry, Yonsei University, Seoul, Republic of Korea

ORCID iDs

Cheolmin Kim

<https://orcid.org/0000-0001-7442-0807>

Woon Ji

<https://orcid.org/0000-0002-9030-7967>

Jaeseung Chang

<https://orcid.org/0000-0002-6532-4773>

Sunjai Kim

<https://orcid.org/0000-0002-0828-8008>

Accurate transfer of the maxillo-mandibular relationship to an articulator (i.e., mounting) is critical in prosthetic treatment procedures. In the current study, a PubMed search was performed to review the influencing factors for the maxillo-mandibular relationship's accuracy. The search included digital mounting as well as conventional gypsum cast mounting. The results showed that a greater amount of displacement was introduced during positioning the maxillary and mandibular models to interocclusal records rather than the dimensional change of registration material. Most intraoral scanners resulted in an accurate reproduction of the maxillo-mandibular relationship for posterior quadrant scanning; however, the accuracy was declined as the scan area increased to a complete arch scan. The digital mounting accuracy was also influenced by the image processing algorithms and software versions, especially for complete arch scans. (J Korean Acad Prosthodont 2021;59:146-52)

Keywords

Accuracy; Dental models; Mounting; Virtual mounting

서론

부분무치악 환자의 상실치아를 고정성 보철물로 수복하기 위해서는 흔히 지대치 형성 및 잠정 수복물 장착, 최종인상 및 악간관계기록 채득, 작업모형과 대합치아 모형을 교합기에 마운팅하여 보철물을 제작하는 단계를 거쳐 최종적으로 환자에게 보철물을 장착하는 일련의 과정을 거친다. Millstein과 Hsu¹에 따르면, 교합관계 채득은 정확하고 안정적이어야 하며, 정확하게 교합기로 옮겨져야 한다고 하였다. 이렇듯, 아무리 정확한

Corresponding Author

Sunjai Kim

Department of Prosthodontics,
College of Dentistry, Yonsei
University, Gangnam Severance
Dental Hospital, 211 Eonju-ro,
Gangnam-gu, Seoul 06273,
Republic of Korea
+82 (0)2 2019 3568
sunjai@yuhs.ac

Article history

Received
September 10, 2020 / Last Revision
October 8, 2020 / Accepted
October 12, 2020

© 2021 The Korean Academy of Prosthodontics

© This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

작업 모형을 제작했을지라도 악간관계기록이나 마운팅 과정에서 작은 오차는 결국 모형의 3차원적 변위를 유발하고 이를 통해 제작된 최종 보철물의 교합관계에 직접적인 영향을 미치게 되므로, 결국 구강 내에 보철물 장착 시, 크고 작은 교합조정을 초래한다. 이 변위량이 미미한 경우에는 간단한 교합조정을 통해 구강 내에 보철물을 장착할 수 있겠지만, 오차가 큰 경우에는 장시간 교합조정이 필요하거나, 때로는 보철물을 재제작 해야 하는 문제가 발생한다.

마운팅의 정확도를 측정하기 위한 다양한 방법이 시도되었다. 전통적으로 shimstock을 이용하여 교합을 체크하는 방법 외에도,² 디지털 기술의 발전과 더불어 마운팅 된 모형에 Strain gauge를 장착하여 변위를 측정하는 전기신호적 방법,³ Stylus와 computerized axiograph를 이용하여 분석한 방법,⁴ 3차원적 분석계를 이용해 과두위치의 차이를 측정하는 방법 등^{5,6} 다양한 방법들이 시도되었다. 최근에는 디지털 기술의 발전으로 인해 디지털 모형의 마운팅 정확도를 최적중첩법(best fit alignment)을 이용하여 비교하는 새로운 방법도 이용되고 있다.⁷ 현재까지 발표된 연구들은 주로 앞서 언급한 다양한 방법을 이용하여 모형의 위치변화를 평가하거나 교합인기재의 종류에 따른 마운팅의 정확도를 평가한 연구가 대부분이다.

본 문헌고찰에서는 작업모형과 대합치아 모형을 마운팅하는 과정에서 발생하는 오차에 영향을 미치는 인자들과 오차의 정량적 비교에 이용된 방법들을 평가해 보고자 한다. 평가의 편의성을 위해서 동적인 악간관계를 이용한 내용은 배제하고 정적 악간관계기록을 이용하여 마운팅한 연구들로 제한하였으며 최근 많이 보고되고 있는 디지털 모형의 마운팅 정확도를 평가한 연구결과도 후반부에 기술하였다.

방법

영어로 작성되었으며 PubMed 검색을 사용하여 전문 접근이 가능한 문헌에 제한하여 연구를 진행하였으며, 전통적 내용의 평가를 위해 발간 연도에는 제한을 두지 않았다. 검색에 이용된 핵심용어는 mounting accuracy, interocclusal record, jaw relation record, bite registration, interarch occlusion, digital mounting, virtual articulation, buccal bite scan 이었다. 검색된 문헌들의 본문 평가를 통해 본 연구내용에 해당되는 문헌을 선택하였고, 포함된

문헌들의 참고문헌 목록을 평가하여 본 연구내용과 관련이 있다고 판단되는 경우 본문 평가를 통해 추가하였다. 악간관계 기록은 중심위(centric)기록과 비중심위(eccentric)기록으로 구분할 수 있으나, 본 고찰에서는 간단한 고정성 보철물의 제작에 흔히 이용되는 최대감합위(maximum intercuspal position; MIP)에서 채득한 중심위 기록에 대한 연구만을 포함하였다. 또한 가철성 보철물의 악간관계 기록과 관련된 연구는 제외하였다.

결과 및 고찰

모형 부착된 작업모형이 구강내 환경과 교합관계가 일치하지 않는 원인으로 첫째는 부적절한 위치에서 채득 된 악간관계기록 및 생물학적 원인 등을 들 수 있으나⁶ 이 부분은 모형 부착 과정에서 발생하는 오차가 아니므로 본 고찰에서 이 부분은 제외하였다. 두번째 원인은 악간관계 기록을 채득하는데 사용한 교합인기재료의 체적변화 등으로 인한 오차이다. 마지막으로 세번째는 작업 과정 중에 발생할 수 있는 오차로, 모형을 고정하는 방법이나 교합인기재를 모형에 적합하는 과정에서 오차 등을 들 수 있다.

1. 교합인기재의 물리적 성질에 대한 고려

작업모형과 대합치아 모형을 부착하는 과정에서 발생하는 오차 중 구강 내에서 악간관계 채득에 이용되는 교합인기재료 자체의 체적변화로 인해 초래되는 오차를 가장 먼저 고려할 수 있다. 임상적으로 사용되는 교합인기재료의 요구사항으로는 1) 낮은 점주도 2) 폐구시에 낮은 저항성 3) 정밀성 4) 체적 안정성 5) 조직 친화성 6) 중합 이후의 압력 저항성 7) 사용의 용이성 등을 들 수 있으며 이러한 기준에 의거해 다양한 재료의 물리적 특성이 연구되었다.⁸ Michalakis 등이 2004년 각 인기재료의 점성, 압력 저항성, 선형 변화 등에 대해 살펴본 연구에 따르면 폴리이써 인기재료(Ramitec, ESPE, Seefeld, Germany)가 폴리비닐실록산 인기재료들(Stat-BR (Kerr, Romulus, MI, USA), 3M (3M, St. Paul, MN, USA), Blu-Mousse (Parkell, Farmington, NY, USA), Regisil 2X (LD Caulk, Milford, DE, USA))에 비해 점성이 더 낮아 교합 인기 시 저항이 더 적을 수 있다고 하였으며 폴리이써와 폴리비닐실록산 인기재료의 경우 마운팅 시 발생할 수 있

는 수직적 압력에 대한 저항성이 높아 수직적 변위가 적고 시간 경과에 따른 변화량이 적기 때문에 약간관계 채득에 더 적합하다고 하였다. Ghazal 등⁹은 2008년에 폴리비닐실록산(Futar D, Kettenbach, Germany), 폴리에이써(Ramitec, 3M ESPE, Seefeld, Germany), Hydrocarbon wax compound (Beauty Pink, Miltext, Inc., Miltext, York, PA, USA) Aluwax (Aluwax dental products Co., Allendale, MI, USA) 4가지 교합인기재의 시간 경과에 따른 수직적 변화량을 비교하였다. 폴리비닐실록산과 폴리에이써 교합인기재의 변형이 유의미하게 작았고, 모든 재료에서 48시간 경과 후 변형량이 증가한다고 하였다. 동일 저자가 2017년에 수행한 연구에서는 인기 기법에 따른 차이 또한 관찰하였는데 레진 교합인기재로 교합 인기 후 Aluwax를 추가하여 2단계에 걸쳐 교합을 인기한 경우가 가장 높은 정확도를 보인다고 하였다.¹⁰ 레진 교합인기재는 중합 수축으로 인해 탄성인기재에 비해 정확도가 떨어지지만, 2단계법으로 인기 시 정확도가 증가하였음을 알 수 있다. 폴리비닐실록산과 폴리에이써와 같은 탄성인기재의 경우 모형의 교합면 형태가 교합인기재료에 비해 정확히 인기되지 않아 채득 된 인기재가 모형에 제대로 안착되지 않게 된다. 이 때문에 몇몇 연구에서는 상악과 하악 모형의 최대감합위가 안정적인 경우에는 교합인기재료를 사용하는 것보다 사용하지 않는 것이 더 정확하다고 발표한 바 있다.¹¹⁻¹⁴

2. 모형 부착 과정에서 발생하는 교합 오차에 대한 연구

교합인기재의 체적변화 뿐 아니라 모형 부착 과정 자체의 의해서도 교합오차가 발생한다. Prasad 등은 환자의 교두감합위가 안정적인 경우 교합인기재 없이 hand-articulating 하는 것이 더 정확하지만, 그렇지 못한 경우에는 부분 또는 악궁 전체에 걸쳐 탄성 교합인기재를 사용해야 한다고 하였다.^{15,16} Millstein 등¹⁷은 왁스 교합인기재를 이용하여 모형 부착의 정확도를 측정한 연구에서 교합인기재의 보관 시간 뿐 아니라 모형 부착 시에 가해지는 압력이 교합인기재의 변형을 초래하기 때문에 결과적으로 정확한 재현은 불가능하다고 결론지었다. Campos와 Nathanson⁶은 3차원 분석계를 이용해 압력과 모형의 변위를 측정한 연구에서 교합인기재마다 가해지는 압력의 변화에 따른 변위량이 차이가 난다고 하였다. Vergos와 Triipodakis는 폴리에이써(Ramitec, ESPE, Seefeld, Germany), 금속 왁스(Alminax, Whip-Mix,

Louisville, KY, USA), 자가중합레진(Kallocryl CPGM, Speiko, Germany) 폴리비닐실록산(President Jet Bite, Coltene/Whaledent, Mahwah, NJ, USA) 4가지 교합인기재의 수직 변위를 측정된 결과, 폴리비닐실록산의 수직변위량이 27 μm 정도로 가장 작았지만, 교합인기재를 석고모형에 위치시키는 과정에서의 오차가 100 μm 이상으로 측정되어, 교합인기재의 변형으로 인한 영향보다는 교합인기재를 이용해서 마운팅하는 과정에서 오차가 더 크게 발생한다고 보고하였다. 이처럼 교합인기재를 이용하여 정확히 교합을 인기하더라도 모형 부착과정에서 오차가 발생할 여지가 있기에 전반적 보철물 제작 과정에서 이를 고려하여야 할 것이다.

3. 디지털 모형 부착의 정확도에 대한 연구

최근, 디지털 기술이 치의학에 도입되면서 환자의 정보를 디지털화 하여 가상 공간(Virtual dental space)에서 진단과 치료에 이용할 수 있게 되었다.¹⁹ 디지털 모형의 제작과 마운팅 과정은 모두 스캔 이미지를 기반으로 하므로, 디지털 모형 및 마운팅의 정확도는 스캔 과정의 정밀도와 매우 큰 연관성을 보인다고 할 수 있다. 전악 모형의 정확도에 대해서는 교정 영역에서도 활발히 연구되었는데, 진단 분석 목적으로는 전통적인 석고 모형과 임상적인 차이를 보이지 않는다고 보고되었다.²⁰ 현재까지 발표된 연구결과를 보면 디지털 기술이 소개된 초기에 시행된 연구들에서는 디지털 모형의 정밀도가 석고모형의 정밀도보다 떨어진다는 결과가 많았고, 스캔 범위가 증가할 수록 디지털 모형에서의 오차가 증가한다는 보고가 많다. 이에 반해 최근 발표되는 연구에서는 디지털 모형의 정밀도가 석고모형보다 우수하다는 연구결과 또한 다수 존재한다. 디지털 장비의 발전 뿐 아니라 소프트웨어 역시 디지털 인상의 정밀도에 영향을 미치는데, Ender 등²¹은 동일한 Cerec Omnicam (Dentsply sirona, York, PA, USA) 구강스캐너를 이용하였더라도 최신 소프트웨어를 사용했을 때 디지털 인상의 정밀도가 더 우수함을 보고한 바 있다. 구강스캐너의 정밀도는 스캔 부위와 범위에 따라서도 차이가 나는데 모든 구강 스캐너에서 구치부 영역 스캔의 경우가 전치부 스캔 모형이나 전악 스캔 모형의 경우에 비해 높은 정확도를 보인다고 보고되었다.

디지털 모델의 가상 모형 부착 방법으로는 특정한 부위를 지정하는 방법(point-matching),²²⁻²⁴ 교합인기재료를 스

캔하여 중첩하는 방법(bite registration scan)^{25,26}이 이용되었으나, 2010년 CEREC software (Sirona, Bensheim, Germany)에서 처음 소개한, 폐구 상태에서 동시에 상악의 협측 스캔을 채득하여 디지털 모형을 부착하는 방법(buccal bite scan)은 물리적 교합 인기 없이 광학적 방법만으로 디지털 모형 부착을 가능하게 해 주었고, 현재 많은 구강 스캐너 제조사에서 이러한 방법을 채택하고 있다.²⁷

디지털 모형 부착의 정확도 평가를 위해서 best fit algorithm을 이용하여 3차원적인 편차를 분석하는 방법, 교합인기재를 transillumination을 통해 분석 후 모형에서의 접촉점과 가상 모형 부착된 디지털 모형에서 접촉양상과 비교하는 방법,²⁸⁻³⁰ 상악과 하악 기준모형에 기준점을 설정하고 이 기준점들 간의 길이 변화나 각도 변화를 측정하는 방법 등^{31,32}이 사용되었다. Delong 등²⁹은 2007년 교합인기재를 Transillumination 방법을 통해 분석한 결과 shimstock (Almore International Inc., Portland, OR, USA)을 통해 분석한 것과 3차원적 디지털 모형에서 교합 접촉이 81%정도의 유사도를 보인다고 하였으며 이는 측정 방법의 차이에 기인한다고 하였다. 아울러 동일 방법을 이용한 Tanaka와 Hattori³⁰의 2013년 연구에서는 전통적 모형부착 방식과 비교했을 때 오차범위가 수용할 만한 범위 내에 있다고 하였다. 각각의 방법들에 대한 정확도를 비교한 연구 또한 존재한다. Yee 등³²은 교합인기재를 스캔하는 방법과 buccal bite scan을 이용하는 두 가지 디지털 모형 부착 방법 간의 차이를 비교하였는데 이를 위해 하악에 임플란트 지대주를 연결 후 대합치아까지 거리를 측정하였고 결과적으로 교합인기재를 스캔하여 모형 부착하는 방법에서는 상악과 하악 디지털 모형의 교합면간 공간이 감소하였고, buccal bite scan을 이용하여 모형 부착한 경우 교합면간 공간이 증가한다고 보고하였다.

수복 범위 또한 가상 모형 부착의 정확도에 영향을 미칠 수 있다. Iwaki 등³¹은 광학적 방법과 교합인기재를 통한 물리적 방법을 통해 모형 부착한 결과 단일 수복물의 경우 광학적 방법의 오차가 전통적 모형 부착 방법에 비해 작았지만, 전악 및 다수 수복물의 인상의 경우 전통적 방법에 비해 정확도가 떨어진다고 보고하였다. Zimmerman 등³³도 buccal scan을 통한 디지털 모형의 부착은 부분악 인상의 경우에 한해 석고모형의 부착과 비슷한 정확도를 보인다고 하였다. 이러한 광학적 교합 인기의 위치와 수에 따른 정확도를 비교했을 때 Edher 등²⁸은 다수의 가상 교합인기부위를 중첩에 사용

했을 때 가장 정확하다고 하였으며 다수의 교합인기 부위 스캔이 불가능한 경우는 가능한 수복 부위에 가깝게 buccal scan을 시행하는 것이 더 정확한 결과를 보인다고 하였다. Ren 등³⁴은 상실 부위의 위치 및 길이와 가상 교합 인기의 정확도를 연구한 결과, 단일 치아 결손의 경우 가상 교합 인기의 정확도에 영향을 미치지 않지만, 비록 부분 무치악이라고 할지라도 결손 부위가 길어지거나 전치부를 포함하는 경우 정확도가 감소하기 때문에 그러한 상황에서 완전히 디지털 방법으로 진행하는 것은 예지성이 감소한다고 하였다. Solaberrieta 등³⁵은 교합 분석을 통해 전통적 방법과 각기 다른 부분의 디지털 교합인기를 이용하여 가상 모형 부착한 디지털 모형을 비교한 연구에서 좌, 우측 측방 부위의 buccal bite를 적용한 경우 디지털 모형 부착을 시행한 경우 교합의 정확도가 가장 높다고 보고하였다. 교합이 불안정하거나 대합치가 존재하지 않는 경우 수복을 위한 치아 삭제 전 디지털 교합 인기를 시행해 이를 이용하는 것 또한 정확도 향상에 도움이 된다고 하였다.³⁶

가상 모형 부착의 정확도에 영향을 미칠 수 있는 요소로 구강스캐너 자체의 영향도 들 수 있다. Wong 등³⁷은 2018년 True definition (3M, Maplewood, MN, USA), Trios color (3shape, Copenhagen, Denmark), Cerec Omnicam (Sirona dental systems, Bensheim, Germany) 세 종류의 스캐너를 이용하여 정적 교합 인기 시의 3차원적 정확도를 비교하였다. 스캐너들 간의 스캔 이미지의 질 또한 차이를 보였으며 coordinate measuring machine (CMM; Model global silver edition, Brown and Sharpe)을 이용하여 측정된 기준 모형에서의 기준점과 비교했을 때 Trios color의 경우 약간 뒤틀림이 가장 적었으며 Cerec Omnicam과 True definition의 경우 저위 교합이 발생할 가능성이 있다고 하였다. Gintaute 등³⁸은 여러 종류의 구강스캐너를 이용하여 악간 관계의 정확도를 비교한 연구에서 Trios 구강 스캐너가 가장 정확하게 교합을 인기하며 Cerec Omnicam의 경우 구치부 교합이 개교되는 경향을 보인다고 하였다. 이는 Park 등³⁹이 보고한 바와 같이, buccal bite가 반대편 악궁의 변화를 얼마나 잘 반영하는지에 대한 연구에서 Omnicam 구강스캐너의 경우 교두 간 거리가 실제에 비해 멀어지는 경향을 보인 것과 일맥상통하며, 해당 연구에서는 구강 스캐너별로 변이량 또한 다르다고 보고하였다. 연구자 요소와 실험 방법의 차이에 의한 결과의 차이는 있겠지만 디지털 모형 부착에 있어서 이러한 스캐너 자체의 요소도 분명

존재한다 할 수 있겠다.

결론

전통적인 방법인 석고 모형과 교합인기재를 사용한 모형 부착 과정에서 교합인기재의 물성은 정확도에 직접적으로 영향을 미친다. 폴리비닐실록산, 폴리이써 계열과 아크릴 레진 계열의 교합인기재의 경우 압력에 대한 저항성과 시간 경과에 따른 체적 안정성이 높다고 보고되고 있으며, 탄성 인기재의 경우 언급한 장점 뿐 아니라 임상에서의 사용의 용이함 등으로 현재 보편적으로 사용되고 있다. 또한 한 번 bite를 채득한 후 2단계로 다시 교합을 인기하는 ‘corrected bite’가 가장 높은 정확도 및 시간에 따른 체적 안정성을 보이므로, 최대한 모형 부착의 정확도를 높여야 하는 긴 범위의 보철물이나 전악 보철의 경우 교합인기재 선택 시 사용을 고려할 수 있을 것으로 보인다.

스캔과정과 소프트웨어를 통해 제작된 디지털 모형의 가상 모형 부착의 경우 다양한 요소들이 영향을 미친다. 짧은 범위에서는 스캐너 종류에 따른 유의한 차이를 보이지 않는다는 보고가 많기 때문에 환자 개인의 상황과 특성 및 시술의 편의성 등을 고려하여 다양한 방법을 선택 가능하지만, 인상 채득의 범위가 커질수록 구강 스캐너의 경우 전통적인 석고 모델과 탁상형 스캐너를 사용한 경우에 비해 정확성이 다소 떨어지는 경향을 보이므로, 큰 범위의 보철 수복에서는 이를 인지하고 임상에 적용할 필요성이 있다. 각 제조사별 프로그램상의 알고리즘과 best-fit alignment에 사용되는 각 이미지 채득 방식 또한 최종 결과에 영향을 주므로, 보철물의 위치나 범위에 따른 이미지 채득 방법 및 가장 적합한 알고리즘 구성에 대한 추가 연구가 필요하다고 사료된다. 현재까지의 연구 결과는 디지털 모형 및 가상 모형 부착의 경우 전통적인 방법과 비교할 때 조건에 따라 조금 떨어지는 결과들이 보고되지만 소프트웨어 및 장치의 성능 개선을 통해 임상적 결과를 향상시킬 수 있으므로 보이며 앞으로 충분한 발전 가능성을 보인다.

References

1. Millstein PL, Hsu CC. Differential accuracy of elastomeric recording materials and associated weight

- change. J Prosthet Dent 1994;71:400-3.
2. Gregory WA, Kaplan MD. A comparison of the accuracy of two articulating methods: the double-arch impression technique vs. hand-articulated full-arch casts. Quintessence Int 1988;19:631-4.
3. Assif D, Himel R, Grajower Y. A new electromechanical device to measure the accuracy of interocclusal records. J Prosthet Dent 1988;59:672-6.
4. Breeding LC, Dixon DL, Kinderknecht KE. Accuracy of three interocclusal recording materials used to mount a working cast. J Prosthet Dent 1994;71:265-70.
5. Ghazal M, Ludwig K, Habil RN, Kern M. Evaluation of vertical accuracy of interocclusal recording materials. Quintessence Int 2008;39:727-32.
6. Campos AA, Nathanson D. Compressibility of two polyvinyl siloxane interocclusal record materials and its effect on mounted cast relationships. J Prosthet Dent 1999;82:456-61.
7. Solaberrieta E, Otegi JR, Goicoechea N, Brizuela A, Pradies G. Comparison of a conventional and virtual occlusal record. J Prosthet Dent 2015;114:92-7.
8. Michalakakis KX, Pissiotis A, Anastasiadou V, Kapari D. An experimental study on particular physical properties of several interocclusal recording media. Part I: consistency prior to setting. J Prosthodont 2004;13:42-6.
9. Ghazal M, Albashaireh ZS, Kern M. The ability of different materials to reproduce accurate records of interocclusal relationships in the vertical dimension. J Oral Rehabil 2008;35:816-20.
10. Ghazal M, Hedderich J, Kern M. An in vitro study of condylar displacement caused by interocclusal records: Influence of recording material, storage time, and recording technique. J Prosthodont 2017;26:587-93.
11. Peregrina A, Reisbick MH. Occlusal accuracy of casts made and articulated differently. J Prosthet Dent 1990;63:422-5.
12. Strohaber RA. A comparison of articulator mountings made with centric relation and myocentric position records. J Prosthet Dent 1972;28:379-90.
13. Fattore L, Malone WF, Sandrik JL, Mazur B, Hart T. Clinical evaluation of the accuracy of interocclusal recording materials. J Prosthet Dent 1984;51:152-7.

14. Walls AW, Wassell RW, Steele JG. A comparison of two methods for locating the intercuspal position (ICP) whilst mounting casts on an articulator. *J Oral Rehabil* 1991;18:43-8.
15. Wieckiewicz M, Grychowska N, Zietek M, Wieckiewicz W. Evaluation of the elastic properties of thirteen silicone interocclusal recording materials. *Biomed Res Int* 2016;2016:7456046.
16. Prasad BR, Mehra D. Interocclusal records in prosthodontic rehabilitations-Materials and techniques-A literature review. *Nitte Univ J Health Sci* 2012;2:54-60
17. Millstein PL, Kronman JH, Clark RE. Determination of the accuracy of wax interocclusal registrations. *J Prosthet Dent* 1971;25:189-96.
18. Vergos VK, Tripodakis AP. Evaluation of vertical accuracy of interocclusal records. *Int J Prosthodont* 2003;16:365-8.
19. Úry E, Fornai C, Weber GW. Accuracy of transferring analog dental casts to a virtual articulator. *J Prosthet dent* 2020;123:305-13.
20. Sfondrini MF, Gandini P, Malfatto M, Di Corato F, Trovati F, Scribante A. Computerized casts for orthodontic purpose using powder-free intraoral scanners: Accuracy, execution time, and patient feedback. *Biomed Res Int* 2018;4103232.
21. Ender A, Zimmermann M, Mehl A. Accuracy of complete- and partial-arch impressions of actual intraoral scanning systems in vitro. *Int J Comput Dent* 2019;22:11-9.
22. Chang YB, Xia JJ, Gateno J, Xiong Z, Teichgraeber JF, Lasky RE, Zhou X. In vitro evaluation of new approach to digital dental model articulation. *J Oral Maxillofac Surg* 2012;70:952-62.
23. Chun JH, Pae A, Kim SH. Polymerization shrinkage strain of interocclusal recording materials. *Dent Mater* 2009;25:115-20.
24. Xia JJ, Chang YB, Gateno J, Xiong Z, Zho X. Automated digital dental articulation. *Med Image Comput Comput Assist Interv* 2010;13:278-86.
25. Porter JL, Carrico CK, Lindauer SJ, Tüfekçi E. Comparison of intraoral and extraoral scanners on the accuracy of digital model articulation. *J Orthod* 2018;45:275-82.
26. Krahenbuhl JT, Cho SH, Irelan J, Bansal NK. Accuracy and precision of occlusal contacts of stereolithographic casts mounted by digital interocclusal registrations. *J Prosthet Dent* 2016;116:231-6.
27. Müller HC. Registration of occlusion by buccal scan in Cerec software version 3.80. *Int J Comput Dent* 2010;13:265-73.
28. Edher F, Hannam AG, Tobias DL, Wyatt CCL. The accuracy of virtual interocclusal registration during intraoral scanning. *J Prosthet Dent* 2018;120:904-12.
29. DeLong R, Knorr S, Anderson GC, Hodges J, Pintado MR. Accuracy of contacts calculated from 3D images of occlusal surfaces. *J Dent* 2007;35:528-34.
30. Tanaka Y, Hattori Y. Dimensional and occlusal accuracy of a novel three-dimensional digital model of articulated dental arches. *Int J Prosthodont* 2013;26:282-7.
31. Iwaki Y, Wakabayashi N, Igarashi Y. Dimensional accuracy of optical bite registration in single and multiple unit restorations. *Oper Dent* 2013;38:309-15.
32. Yee SHX, Esguerra RJ, Chew AAQ, Wong KM, Tan KBC. Three-dimensional static articulation accuracy of virtual models-Part II: Effect of model scanner-CAD systems and articulation method. *J Prosthodont* 2018;27:137-44.
33. Zimmermann M, Ender A, Attin T, Mehl A. Accuracy of buccal scan procedures for the registration of habitual intercuspation. *Oper Dent* 2018;43:573-80.
34. Ren S, Morton D, Lin WS. Accuracy of virtual interocclusal records for partially edentulous patients. *J Prosthet Dent* 2020;123:860-5.
35. Solaberrieta E, Garmendia A, Brizuela A, Otegi JR, Pradies G, Szentpétery A. Intraoral digital impressions for virtual occlusal records: Section quantity and dimensions. *Biomed Res Int* 2016;2016:7173824.
36. Arslan Y, Bankoğlu Güngör M, Karakoca Nemli S, Kökdoğan Boyacı B, Aydın C. Comparison of maximum intercuspal contacts of articulated casts and virtual casts requiring posterior fixed partial dentures. *J Prosthodont* 2017;26:594-8.
37. Wong KY, Esguerra RJ, Chia VAP, Tan YH, Tan KBC. Three-dimensional accuracy of digital static interocclusal registration by three intraoral scanner systems. *J Prosthodont* 2018;27:120-8.
38. Gintaute A, Keeling AJ, Osnes CA, Zitzmann NU, Ferrari M, Joda T. Precision of maxillo-mandibular reg-

istration with intraoral scanners in vitro. J Prosthodont Res 2020;64:114-9.

- 39. Park JM, Jeon J, Heo SJ. Accuracy comparison of buccal bite scans by five intra-oral scanners. J Dent Rehabil Appl Sci 2018;34:17-31.

치과용 모형의 모형 부착 과정에서 발생하는 오차에 대한 문헌고찰

김철민¹·지윤²·장재승¹·김선재^{1*}

연세대학교 치과대학 ¹강남세브란스치과병원 치과보철과, ²보철과학교실

정확한 보철물의 제작을 위해서는 약간 관계의 정확한 인기가 중요하다. 전통적 석고 모형을 이용한 교합기에의 모형 부착 뿐 아니라 최근 디지털 치의학의 발전으로 디지털 모형 부착방법의 정확도에 대한 고찰이 필요하다. 본 논문에서는 Pubmed 검색을 이용하여 전통적 방법과 디지털을 이용한 모형 부착의 정확도에 대한 문헌 연구를 진행하였다. 전통적 교합인기재의 경우 폴리이써와 폴리비닐실록산 등의 탄성인기재가 변위량이 적었으며, 인기 기법에 따라 정확도의 차이가 관찰되었다. 모형 부착 과정에서 수직적 변위가 발생할 수 있으나 인기재 자체의 변화보다 모형을 교합기 상에 부착하는 과정 자체에서의 오차가 더 크게 나타난다고 보고되었다. 디지털 치의학의 발전으로 최근 많이 사용되고 있는 가상 모형 부착의 경우 좁은 범위에서는 유의미한 차이를 보이지 않지만 가상 인상 채득의 범위가 커질수록 정확성이 다소 떨어지는 경향을 보이기 때문에 광범위한 수복에서는 이를 인지하고 임상에 적용해야 한다. 각 제조사별 스캐너의 종류와 이미지 처리 알고리즘, 소프트웨어 또한 가상 모형 부착의 정확도에 영향을 미칠 수 있으며, 이는 앞으로 충분히 발전 가능성을 보인다. (대한치과보철학회지 2021;59:146-52)

주요단어

정확도; 치과용 모형; 모형 부착; 가상 모형 부착

교신저자 김선재
06273 서울 강남구 언주로 211
강남세브란스 치과병원 치과보철과
02-2019-3568
sunjai@yuhs.ac

원고접수일 2020년 9월 10일
원고최종수정일 2020년 10월 8일
원고채택일 2020년 10월 12일

© 2021 대한치과보철학회
© 이 글은 크리에이티브 커먼즈
코리아 저작자표시-비영리
4.0 대한민국 라이선스에
따라 이용하실 수 있습니다.