

구강스캐너 시대에 단일 금관을 위한 정확한 교합정렬 파헤치기

이현종

연세대학교 치과대학 치과보철과학교실

ORCID ID

Hyeonjong Lee,  <https://orcid.org/0000-0002-1669-2975>

ABSTRACT

Strategy to obtain an accurate occlusal registration using intraoral scanners

Hyeonjong Lee

Department of Prosthodontics, College of Dentistry, Yonsei University, Seoul, South Korea

Obtaining precise occlusal registration is one of the main issues in prosthodontics. The adequate trimming strategy of bite material and removing the bubbles in the cast are important and time-consuming procedures to acquire the correct occlusal registration in the conventional pathway. In the era of digital dentistry, the use of intraoral scanners has been widely spread out, and the occlusal registration step is automatically performed through the software algorithm. However, the accuracy of occlusal registration using intraoral scanners is different depending on the digital trimming strategy. Clinicians are required to understand the theoretical knowledge for occlusal registration and data trimming strategy.

Key words : Occlusal registration, Intraoral scanner, 3D analysis, Data trimming

Corresponding Author

Hyeonjong Lee, DMD, MSD, PhD, Clinical Associate Professor
Department of Prosthodontics, College of Dentistry, Yonsei University,
50-1 yonsei-ro, Seodaemun-gu, Seoul, South Korea.
E-mail : prosthohjlee@yuhs.ac

www.kci.go.kr

1. 서론

디지털 치의학은 장비 및 소프트웨어적 측면에서 매우 빠른 진보를 보이고 있다. 그 중 구강스캐너는 임상가가 활용하는 핵심장비 중 하나이며, 가격이 저렴해지고 성능이 우수해지면서 점차 치과의원으로서의 보급률이 높아지고 있다^{1~7)}.

구강스캐너의 보급과 활용이 높아지는 이 시점에서, 보철의 기본인 정확한 교합 정렬에 대해서 다시 한번 생각해볼 필요가 있다. 크라운을 구강내 시적할 때 교합조정이 거의 필요 없이 잘 맞는 크라운을 만들기 위해서 여러 가공 과정속의 오차를 줄이려는 노력이 필요하지만, 근본적으로 모형의 정확한 마운팅이 전제되지 않는다면 그 모든 노력은 의미없는 과정이 될 것이다. 이러한 점에서 임상가가 가능한 한 정확하게 상하악 모형을 마운팅 하여 기공실로 전달하는 것은 무척 중요한 작업이다. 이를 위해서 모형의 기포를 제거하고, 교합인기재를 트리밍 하여 정확하게 장착되도록 하는 등의 노력이 필수적이다. 하지만 원내 기공실이 없다면 모형 제작이나 마운팅 과정을 진료실에서 확인하는 과정은 쉽지 않은 것이 현실이다.

이처럼 중요함에도 임상가들이 긴밀하게 마운팅 과정에 참여하지 못했던 과거와 비교한다면, 구강스캐너를 사용하면 여러 이점 중에서도 기존의 모형 마운팅에 해당하는 교합 정렬 과정을 매우 손쉽게 임상에서 수행하고, 그 결과를 점검할 수 있으며, 임상가의 최종 확인을 거친 정보를 기공실로 전달할 수 있다. 3D 스캔 파일의 교합 정렬에 대한 원리를 이해하고 간단한 소프트웨어의 조작법만 익힌다면 임상에서 각각의 상황에 맞게 원하는 목표를 달성할 수 있다.

최근의 구강스캐너와 소프트웨어는 고도화된 알고리즘에 따라 간단하게 상하악 교합정렬을 자동으로 수행하며, 구강스캐너를 이용하는 많은 임상가들은 소프트웨어의 자동 추천 교합정렬에 의존하는 편이다. 그러나,

한편으로는 정교해진 자동정렬 알고리즘을 전적으로 믿으며 의존해도 되는 것인지, 문제가 되는 케이스에서 조금 더 정확한 교합 정렬을 위해 임상가가 더 신경쓸 수 있는 부분은 없는 것인지에 대한 의문이 들 수 있다.

본 기고에서는 구강스캐너를 사용할 때 교합정렬의 원리를 설명하고, 임상가가 조금 더 정확한 교합정렬을 위해 신경쓸 수 있는 부분에 대해서 하나의 증례를 대상으로 파헤쳐보고자 한다.

2. 본론

2.1. 디지털 데이터의 획득과 교합정렬 및 후처리

우선 구강 스캔을 통해 획득되는 디지털 데이터의 기본적인 특성을 알아야 교합정렬에 대해서도 이해할 수 있다. 그림 1은 상악 좌측 구치부의 스캔데이터이며 1차적으로 point cloud라는 3차원 공간상의 무수한 점들의 정보를 획득한다. 이 과정에서 스캐너 자체의 오차와 빛 반사나 투명도가 높은 표면 혹은 가동 점막부위를 스캔할 때 point cloud data들이 3차원적인 위치관계상 약간의 오차를 보이기도 한다. 알고리즘 필터링 과정을 통해 큰 오차의 데이터들은 자동으로 제거되지만, 그림 1처럼 약간의 부정확한 데이터들이 남을 수 있다. 회사별로 필터 알고리즘의 강도를 조절할 수 있도록 지원하는 경우도 있지만, 과도한 필터 효과는 표면의 디테일을 떨어뜨릴 수 있다.

그림 2에서는 인접치 사이의 좁은 틈에 빛이 충분히 들어가지 못해 데이터의 부족으로 인한 hole의 발생과 표면에 생길 수 있는 오차 등을 보여주고 있다. 이렇게 좌측 상하악의 point cloud 데이터를 획득하고 나면 다음 순서로 그림 3과 같이 교합 데이터를 연게 된다. 그림 3B를 보면 상하악 구치부 협측의 overjet과 overbite로 인해 하악 협측 교두 부분이 상악에 가려서 scan data

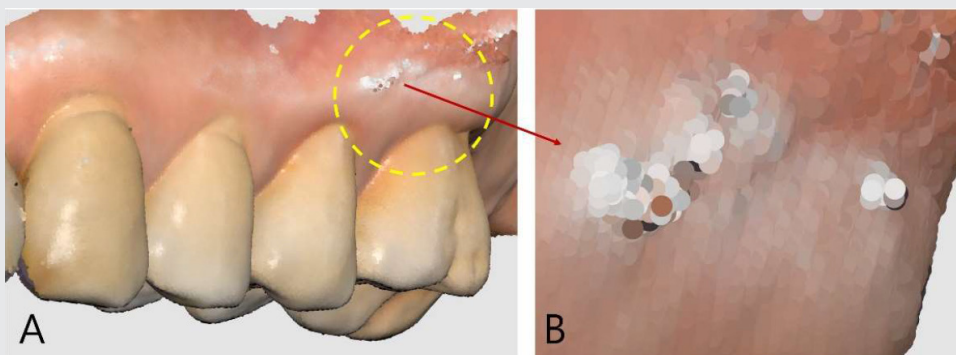


그림 1. A. Scan시 첫번째로 획득되는 point cloud data, B. 상악 좌측 제1대구치 협측 점막쪽의 불균일한 point cloud

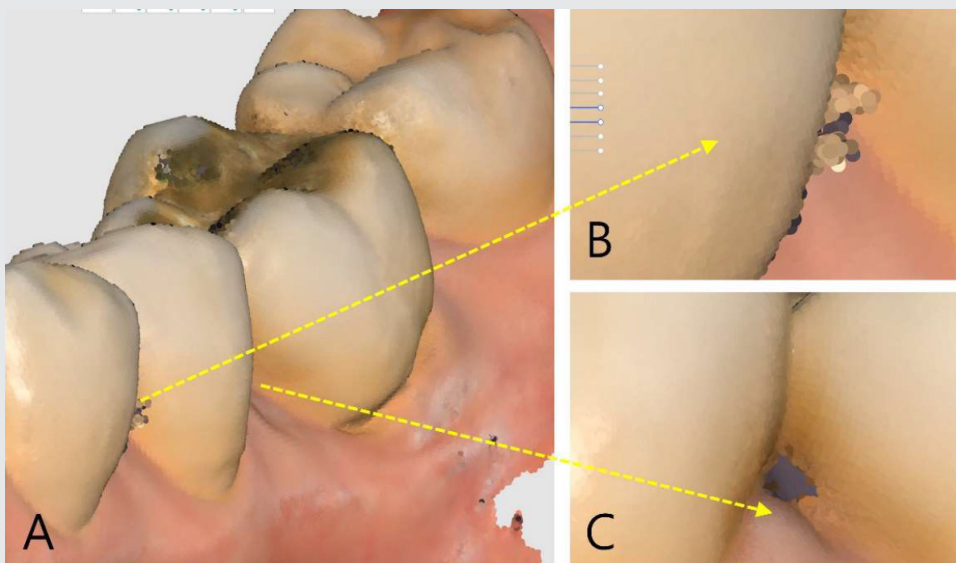


그림 2. Scan시 발생할 수 있는 hole 및 오차

가 채득되지 않는 것 볼 수 있다. 이러한 경향은 overjet, overbite이 심한 경우 더욱 심화되며, 간혹 부족해진 하악의 협측 표면 데이터 때문에 자동 중첩이 실행되지 않는 경우도 생긴다.

최대감합교두위에서 협측의 교합 데이터가 일정 면적 이상으로 획득되면 자동으로 그림 1, 2에서 획득한 상, 하악의 데이터가 협측 교합 데이터에 자동으로 중첩되게 된다. 여기에는 정확하고 효율적인 중첩을 위해 다양

임상가를 위한 특집 2

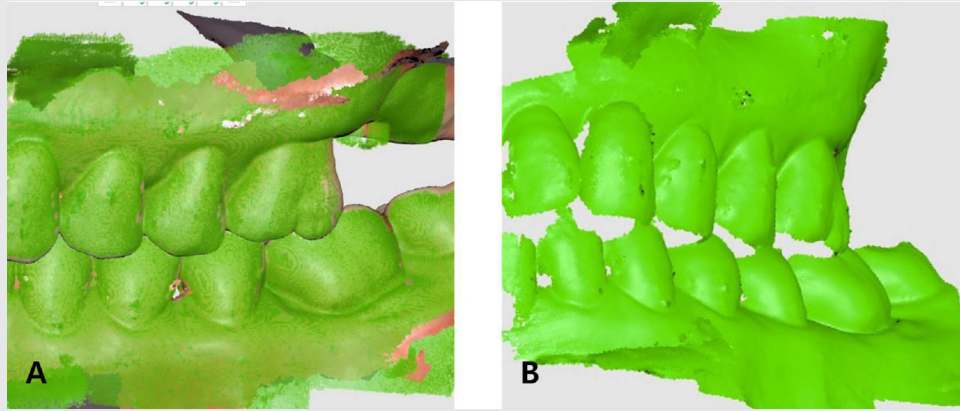


그림 3. 교합스캔의 채득 및 자동 정렬. A. 협측교합스캔에 중첩된 상악 및 하악스캔, B. 상악 협측 교두에 의한 하악협측 교두가림 현상에 따른 불완전한 하악 협측 교합스캔 data

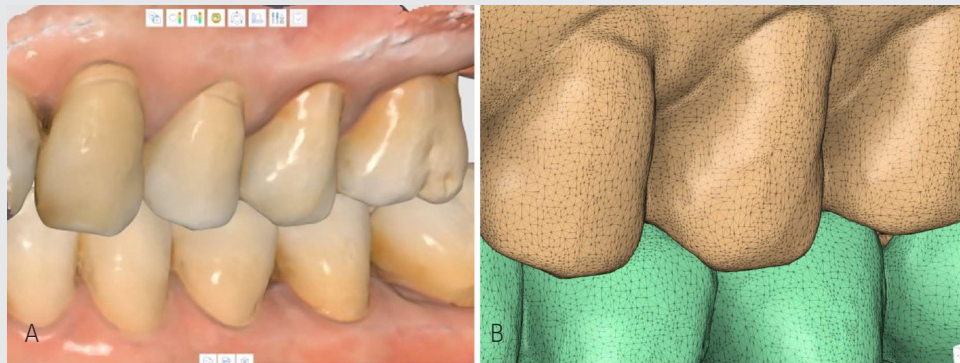


그림 4. A. 완료된 상,하악 교합정렬, B. 후처리 후 작은 삼각형들로 표면이 재구성된 mesh data

한 알고리즘이 작동하는데, 일반적으로 협측 교합 스캔 표면 수만개의 데이터와 상하악 각각 협측 표면 수만개의 포인트들의 평균 거리가 최소화되는 방향으로 연산을 하여 중첩이 진행되게 된다(그림 3).

교합정렬이 끝나면 post processing 과정을 통해 무수히 많은 point cloud 데이터들 중에서 오차가 있는 point cloud 데이터는 추가로 제거하고, hole은 주변의

표면 정보와 부드럽게 이어 붙여 매끄러운 표면을 형성하게 된다(그림 4A). 촘촘한 point cloud 데이터에서 작은 삼각형들로 이어 붙여진 3차원적인 표면이 형성되게 되며, 이 삼각형들은 설정치에 따라서 더욱 조밀하고 촘촘하게 형성될수도 있으며 좀더 성기고 크게 만들어질 수도 있다(그림 4B). 이론적으로는 삼각형 한변의 길이를 10 μ m수준으로 매우 촘촘하게 후처리할 수도 있는

나, 스캐너 자체가 내재하고 있는 오차보다도 더 작게 형성하는 삼각형들은 정확도를 높이는 측면에서는 의미가 없다. CAM이 표현해낼 수 있는 한계와 데이터의 효율성 등을 고려할 때 곡률이 심한 마진과 같은 표면에서는 $30\mu\text{m}$ 수준 길이의 작은 삼각형이 생성되고, 평평하거나 곡률이 적은 부위에서는 $500\mu\text{m}$ 수준으로 큰 변을 가진 삼각형으로 표면을 재구성하여 연산 처리과정에서의 효율성을 도모한다.

2.2 교합 정렬 정확도의 협측 color map 분석

상하악 스캔 데이터를 협측 교합 데이터를 기준으로 정렬하면 오차가 어느정도나 발생할까? 스캐너 자체의 내재적인 오차는 기본으로 인정해야 한다. 그림 5를 보

면 이를 명확히 확인할 수 있다.

그림 5A는 최대교두감합위에서 채득한 교합의 협측 표면(푸른색)과 상악 표면, 하악 표면 데이터가 서로 차이가 나는 것을 보여준다. 그림 5B,C,D는 color map의 녹색 영역 범위를 각각 $\pm 100\mu\text{m}$, $\pm 50\mu\text{m}$, $\pm 25\mu\text{m}$ 으로 설정하여 나타낸 그림이다. 녹색 영역 범위 내에 들어오는 데이터는 범위에 따라 표1과 같다.

그림 5B 결과에 따르면 $100\mu\text{m}$ 이상의 오차가 나는 부분은 주로 가동점막쪽에 위치하는 것을 알 수 있으며, 부착치은이나 치아협면은 주로 범위 내에 위치하는 것을 파악할 수 있다. 그림 5D를 보면 $\pm 25\mu\text{m}$ 범위 바깥으로 위치하는 영역이 상당히 많은 것을 볼 수 있다. 이렇게 차이가 나는 이유는, 스캔 자체의 오차 및 스캔 도중 가동점막의 움직임, 타액 등에 의한 반사, 교두감합위

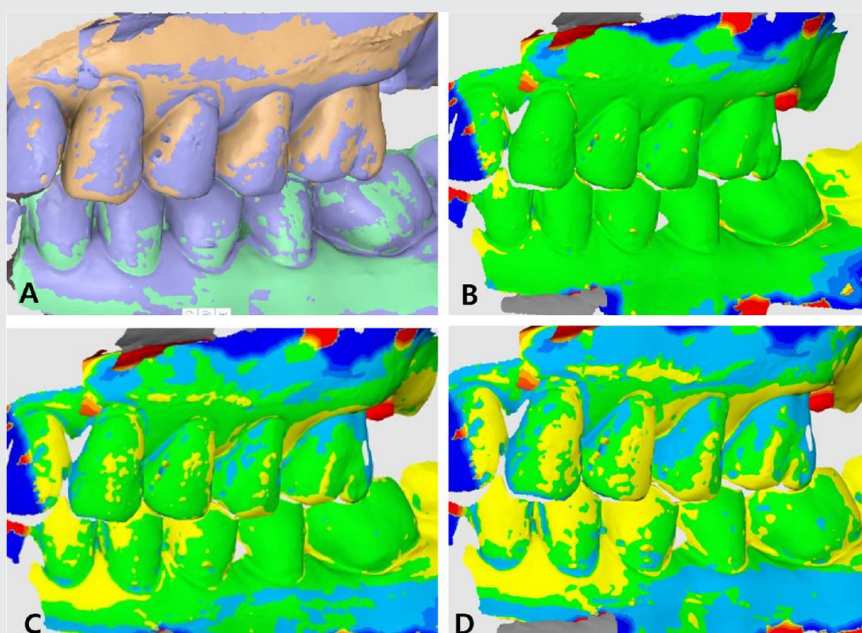


그림 5. 교합 정렬 후 중첩 color map을 통한 정확도 측정 (A) 보라색: 협측 표면, 주황색: 상악표면, 녹색: 하악표면, (B) 녹색 영역: $\pm 100\mu\text{m}$, (C) 녹색영역: $\pm 50\mu\text{m}$, (D) 녹색영역: $\pm 25\mu\text{m}$

표 1 녹색영역의 범위에 따른 면적 비율

Green zone 범위	$\pm 100 \mu\text{m}$	$\pm 50 \mu\text{m}$	$\pm 25 \mu\text{m}$
면적 비율	67.6%	45.2%	25.3%

로 교합력이 가해질 때 상하악 교합관계에 의해 개개 치아들의 미세한 움직임 또한 영향을 줄 수 있을 것으로 생각해볼 수 있다.

2.3 교합의 단면 분석

이 케이스에서 제1대구치 영역에서 협설측으로 단면을 형성하여 교합을 분석해 보도록 하자(그림 6, 7). 그림 7에서 나타나듯이, 교두감합위에서의 협측 스캔 표면과 상악 스캔시의 표면이 완전히 일치할 수는 없다. 당연히 스캐너의 오차, 치아 표면의 특성, 구강내 환경 등에 영향을 받아 오차가 정해질 것이다. 어쨌든 협측 표면의 데이터를 기준으로 중점이 시행되기 때문에 협측 스캔을 신중하게 수행해야 한다는 것을 알 수 있다. 치아 표면을 세척하고 적절하게 건조시킨 뒤 스캔을 시행하면 더욱 믿을 수 있는 결과를 얻을 수 있을 것이다.

이 케이스에서 제1대구치를 스캔 데이터중에서도 가장 관심 영역이라고 생각해보자. 전반적인 좌측 구치부 영역중에서도 제1대구치 부분의 교합을 정확하게 파악해야 하든지, 혹은 제1 대구치 단일치관을 위한 치아 삭제한 경우 다른 어떤 영역보다도 제1 대구치 위주로 교합정렬이 정확하게 되어야 조금이라도 더 정확한 교합을 가진 보철물이 제작될 수 있을 것이다.

이러한 측면에서 생각해볼 때 그림 7B를 보면 제1대구치의 협설 단면(주황색)을 볼 때 교합 데이터(녹색)에 비해서 30~100 μm 정도 협측으로 변위된 모습을 볼 수 있다. 전반적인 좌측 구치부 협측의 표면 데이터와 평균적으로 가장 잘 맞는 위치로 자동 정렬이 되었기 때문에, 제1대구치 쪽은 정렬 상태가 완전히 만족스럽지 못하다.

2.4 바이트 트리밍과 교합 정렬

제1대구치를 위한 단일치관 치아삭제 후 실리콘 인상채득을 하고 실리콘 바이트를 채득하였다면, 모형 마운팅 과정에서 다른 어떤 곳보다도 제1대구치 해당 부위의 교합이 가장 정확하게 될 수 있도록 노력을 해야한다. 바이트트리밍을 적절하게 하여 단면을 형성하고, 제1대구치의 상하악 관계가 가장 정확하게 맞아 들어가도록 위치를 잡고, 혹시 다른 부위에서 교합에 방해가 되는 기포나 인상이 정확하지 않다고 여겨지는 부분 때문에 제1대구치의 부위가 제대로 안착되지 않는다고 한다면 과감하게 해당 부위를 삭제한다. 이러한 섬세한 과정을 통해 제1 대구치 크라운 제작을 위한 가장 적절한 모형 마운팅을 완성할 수 있다. 바이트 트리밍을 적절히 수행하지 않고 모형을 마운팅한 후 추후에 바이트 트리밍을 통해 단면을 형성해서 확인해보면 종종 그림 8처럼 교합이 떠 있는 경우를 발견할 수 있다.

인상재에 기포가 있는 경우 모형에 양형 기포로 나타나며, 작은 기포 하나 때문에 전반적으로 교합이 뜨는 불상사가 발생할 수 있다. 하지만 다행히도 디지털 스캔데이터는 설령 일부에 기포와 같은 데이터가 있다 하더라도 교합 정렬 과정에서 뚫고 들어가버리기 때문에 이러한 부분이 큰 영향을 미치지 않는다는 것이다. 그렇다면 디지털 데이터의 바이트트리밍은 실제 교합 정렬에 얼마나 영향을 미칠까?

그림 9에 그 결과가 잘 나타나 있다. 그림 9A에 따라 제1대구치 영역만 선택한 후 교합 정렬을 재시행하였고, 그림 9B는 제1대구치 기준으로 최대한 잘 정렬되었지만 그외의 영역, 특히 23~25번의 치아쪽은 25~50 μm

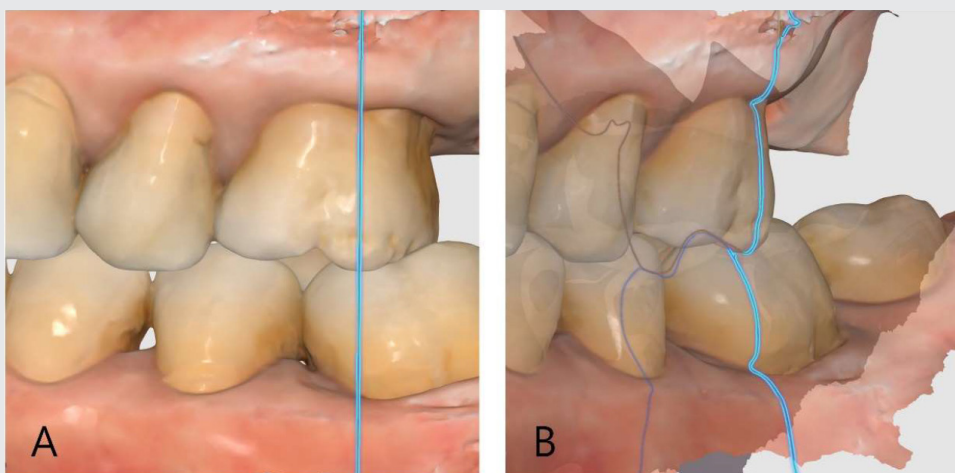


그림 6. 제1대구치 위치에서의 협설측 교합 단면. A. 푸른선: 협설 단면 위치, B. 반투명 단면 분석

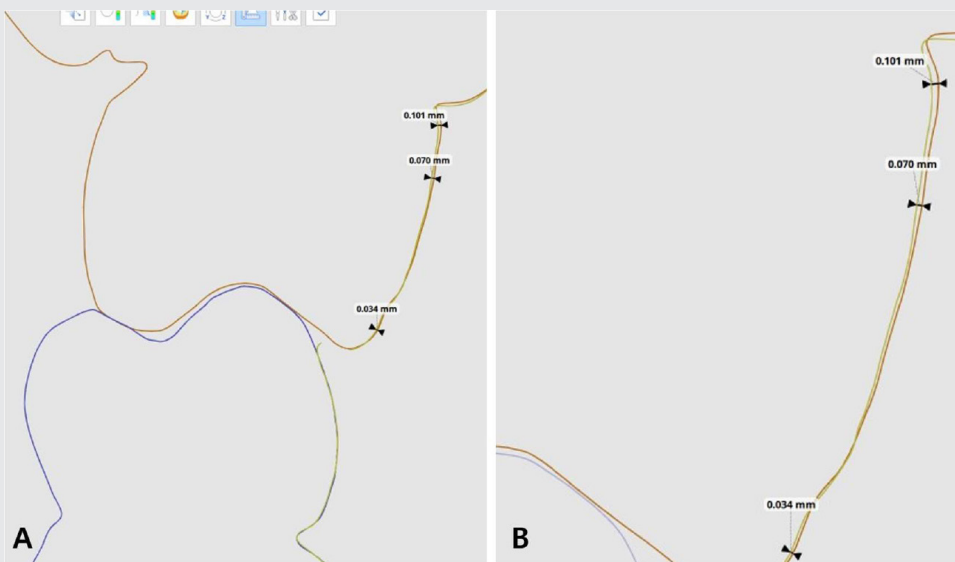


그림 7. 제1대구치 위치에서의 협설측 교합 단면. A. 협설 단면에서 협측의 교합정렬 분석, B. 녹색선: 교합 스캔 단면, 주황선: 상악 스캔 단면

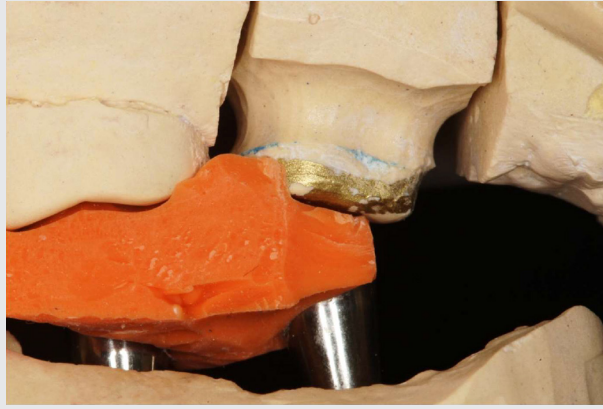


그림 8. 실리콘 바이트의 트리밍이 적절히 수행되지 않은 채로 부적절하게 마운팅된 모형의 예

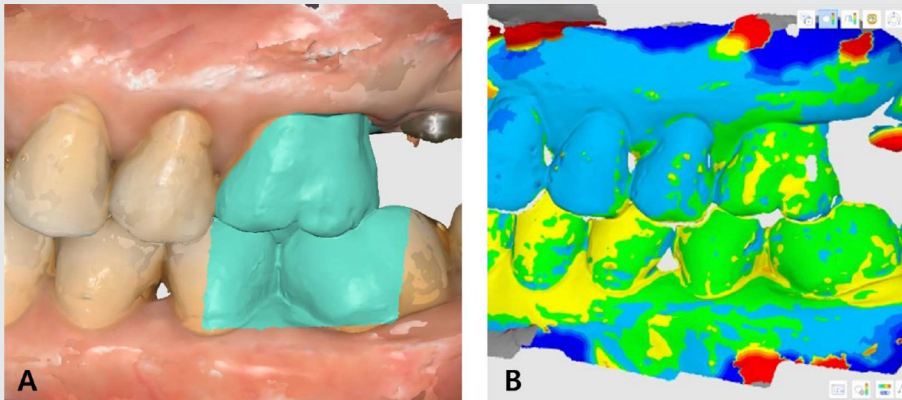


그림 9. 제1대구치 부위에 집중하여 바이트 트리밍 후 교합 정렬 (녹색영역: $\pm 25\mu\text{m}$)

변위된 것을 볼 수 있으며, 이는 그림 5D와 비교될 수 있다. 이처럼 디지털 데이터에서도 바이트 트리밍에 신경 쓰는 것이 전혀 신경 쓰지 않는 경우와 비교해서 원하는 영역에 조금 더 정확한 교합 위치 관계를 획득할 수 있다. 그렇다면 그 정도의 차이가 어느 정도 나는 지에 대해 확인해보자.

2.5 Fremitus 케이스에서 교합 스캔의 트리밍이 교합 정렬에 미치는 영향

26번의 제1 대구치에 크라운을 위한 치아 삭제 후 구강 스캔을 채득하는 경우 24, 25번 치아에 fremitus가 있다고 가정해보자. 상하악 스캔 채득 후 교합 스캔을 위해

표 2. 구강스캐너 시정확한 교합정렬을 위한 고려사항 list-up

1. 정확한 상하악 스캔 획득
2. 정확한 바이트를 얻기 위한 환자 폐구운동 교육
3. 깨끗한 협측 바이트 스캔 채득
4. 관심영역 중심의 바이트 트리밍 후 교합정렬 재시행
5. Fremitus 등 교합시 이동하는 치아에 대한 교합정렬 제외 전략

최대교두 감합위로 폐구하는 순간 24, 25번이 협측으로 밀려나는 경우, 이 두 치아는 오히려 정확하지 않은 데이터로 중첩 시 오차를 발생시킬 개연성이 있어 보인다. Jeong 등은 동일 상황에서 fremitus가 없는 control 그룹과 test 그룹으로 두 소구치에 fremitus가 0.5 mm 발생한 경우, 그리고 1.5mm 발생한 경우로 모형을 준비하였다. 그리고 test그룹의 교합 스캔에서 정확하지 못하다고 여겨지는 24, 25번 협측 데이터를 트리밍을 시행한 경우와 하지 않은 경우를 나누어 교합정렬을 시행한 후, 최종적으로 치아삭제된 26번의 교합면에서 대합치까지의 평균 거리를 측정하여 분석하였다⁷⁾.

분석 결과 0.5 mm 수준의 협측 fremitus에서는 트리밍을 시행한 그룹과 하지 않은 그룹 모두 대조군과 26번에서 교합 차이가 $7\mu\text{m}$ 수준으로 매우 미미하게 나타났으나, 1.5 mm의 협측 fremitus가 있는 그룹에서는 트리밍을 시행하지 않은 경우 대조군과 교합 차이가 $40\mu\text{m}$ 이 발생하였다. 그리고 1.5 mm fremitus 그룹에서 해당 영역을 트리밍한 후 교합정렬을 했을 때 control과 $3\mu\text{m}$ 수준으로 거의 차이가 없음을 확인하였다.

3. 고찰

지금까지의 이론적 바탕과 예시, 그리고 연구를 종합해 볼 때 구강 스캔을 사용하는 경우에도 정확한 교합정렬을 위해 임상가가 올바른 지식을 바탕으로 관여하는 경우, 더욱 정확한 교합을 얻을 수 있다라는 것을 확인할 수 있다. 표2에는 구강스캔 사용시 정확한 바이트 채득을 위해 임상가가 고려해야 할 사항을 정리하였다. 싱글 크라운의 경우 오차가 누적되는 전악 스캔보다 편악 스캔이 오히려 더 교합 측면에서 정확한 결과를 얻을 수 있으며, 교합 데이터 채득시 가동점막이나 심한 fremitus 영역 등 정확하지 않다고 여기지는 부분을 적절히 트리밍 한다면 경우에 따라 더욱 정확한 교합 정보를 기공실에 전송할 수 있으며, 더욱 정확한 교합의 크라운을 제작할 수 있을 것이다.

참 고 문 헌

1. Oh KC, Park JM, Moon HS. Effects of Scanning Strategy and Scanner Type on the Accuracy of Intraoral Scans: A New Approach for Assessing the Accuracy of Scanned Data. *J Prosthodont* 2020;518-23.
2. 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;22:11-19.
3. Ender A, Zimmermann M, Attin T, Mehl A. In vivo precision of conventional and digital methods for obtaining quadrant dental impressions. *Clin Oral Investig* 2016;1495-504.
4. Edher F, Hannam AG, Tobias DL, Wyatt CCL. The accuracy of virtual interocclusal registration during intraoral scanning. *J Prosthet Dent* 2018;120:904-12.
5. Park TM, Jung CM, Yoon MJ, Huh JB, Lee SH, Sailer I, Lee H. Accuracy of customized abutment data superimposition according to the extent of scanning area. *Int J Prosthodont*. 2021;34:390-94.
6. Lee H, Burkhardt F, Fehmer V, Sailer I. Accuracy of Vertical Dimension Augmentation Using Different Digital Methods Compared to a Clinical Situation-A Pilot Study. *Int J Prosthodont*. 2020;33:380-85.
7. Y Jeong, JS Shim, JH Kim, JE Kim, H Lee. Accuracy of Bite Registration Using Intraoral Scanner Based on Data Trimming Strategy for Fremitus Teeth. *J Korean Dent Sci* 2022;15:61-67.