

투고일 : 2016. 1. 7

심사일 : 2016. 1. 14

게재확정일 : 2016. 1. 15

개인 맞춤형 장치를 이용한 디지털 교정치료

고려대학교 안암병원¹⁾, 대한디지털치의학회²⁾김 윤 지^{1,2)}, 하 혜 정¹⁾, 이 성 종¹⁾, 이 언 화¹⁾, 류 재 준^{1,2)}

ABSTRACT

Digital Orthodontics using Customized Appliance System

Department of Dentistry, Korea University Anam Hospital¹⁾, Korean Academy of Digitalized Dentistry²⁾Yoon-Ji R. Kim, DDS, Ph.D.^{1,2)}, Hye-Jung Ha, DDS¹⁾, Sung-Jong Lee, DDS, MSD¹⁾,Eon-Hwa Lee, DDS, MSD¹⁾, Jae-Jun Ryu, DDS, Ph.D.^{1,2)}

Use of ready-made orthodontic appliance can lead to inefficiencies in the final stages of the orthodontic treatment. Because patients' teeth have anatomic variations, brackets that have been designed to fit on average tooth surface may result in positional discrepancies when leveling and alignment is completed. As a result, additional steps such as rebonding, wire bending and use of auxiliaries may be needed. Even in patients who have normal tooth anatomy and proper tooth size relationships, precise bracket placement is crucial in order to efficiently control the tooth positions. Digital models can provide advantages in clinical orthodontics as virtual tooth setup could be performed, and clinicians can easily visualize the predicted final occlusion. Through this setup model, customized brackets with individualized prescription and archwires that optimally fit with the patients' dental arches can be produced using CAD/CAM technology. Also, the brackets can be accurately placed with an aid of 3D-printed jigs. The purpose of this article is to introduce the commonly used labial and lingual customized orthodontic appliance systems using digital technology.

Key words : digital orthodontics, customized orthodontic appliance, Incognito, Harmony, Insignia

Corresponding Author

김윤지

서울 성북구 인촌로 73 고려대학교 안암병원 치과교정과

Tel : 02-920-6498, E-mail : yn0331@korea.ac.kr

I. 서론

성장과 발육의 과정에서 환경적 또는 유전적 영향으로 인해 두개안면부의 구조가 다양하듯이 치아도 사람마다 형태가 다양하다. 각기 다른 모양의 치아를 가진 환자들에게 일률적으로 같은 디자인의 기성 교정 장치와 호선을 사용하여 치료를 하게 되면, 초기 배열 단계

에서는 특별한 문제가 없을 수 있다. 하지만 치료가 진행됨에 따라 교정 치료의 목표를 달성하기 위해 특정 치아에서 브라켓의 재부착이 필요하게 되고, 부가적인 장치의 사용, wire bending 등 추가적인 과정이 불가피하다. Preadjusted appliance의 개발로 인하여 각 치아의 형태에 따라 in-and-out, angulation, torque 값이 부여된 장치를 부착함으

로써 straight wire를 이용하여 교합을 재구성하는 것이 가능해졌지만, 이러한 prescription (Roth, MBT, Andrews 등)들은 각 시스템의 개발 시 정해진 기준에 따라 조사된 정상 교합자들의 임상 치관의 형태학적 평균을 바탕으로 하여 제작되었기 때문에 개인의 치관 형태의 차이를 반영하지 못한다. 따라서 상악 측절치의 왜소치나 대구치의 부가 결절 등 치관의 형태가 정상 범주에서 벗어나 있거나, 상하악 치아 크기 비율 (Bolton's ratio)의 부조화가 있는 경우, 영구치의 결손으로 인해 인접치를 이동하여 대신 사용하는 경우, 심한 우식이나 치주질환으로 소구치 발치 대신 대구치 또는 전치를 발치하는 경우에는 기성으로 제작된 장치를 이용하면 최종 치료 결과의 예측이 어려울 뿐 아니라 비효율적인 치아 이동으로 인해 치료 기간의 연장이 초래된다.

임상 치관의 형태가 평균에 가깝고 상하악 치아 크기의 부조화가 없는 환자에서 기성 브라켓을 사용할 경우에도 치아 이동의 효율적인 3차원적 조절을 위해서는 브라켓의 정확한 위치가 매우 중요하며, 치아의 표면은 곡면을 이루고 있기 때문에 브라켓의 부착 위치가 정확하지 않을 경우 해당 치아의 불필요한 회전, 정출, 압하, 경사 이동 등의 오차가 발생하므로 술자의 주의가 요구된다.

최근 3차원 의료영상의 기술 발전과 더불어 두개 안면의 cone-beam computed tomography 영상과 치아의 표면을 스캔한 영상을 중첩함으로써, 악교정 수술 등의 치료 계획 수립 및 예후를 평가하는 것이 가능해졌으며²⁾, 알지네이트 인상 대신 디지털 기술을 이용하여 인상체 또는 모형을 3차원 스캔하거나, 구강내 스캐너(intraoral scanner)를 이용하여 환자의 치아를 직접 스캔함으로써 디지털 모형을 제작하는 것이 가능해졌다. 구강내 스캐너를 이용한 디지털 모형의 채득은 기존 알지네이트 인상 채득 과정에 비해 환자가 더 편안함을 느낀다고 보고되었으며³⁾, 제조사에 따라 특정 기기에서는 인상 채득 소요 시간이 알지네이트에 비해 길다는 단점이 있으나, 현재 전악 스

캔 영상에서도 임상적으로 사용이 가능한 정도의 정확도가 보고되어 현재 치과 교정학 분야에서도 디지털의 사용이 증가하는 추세이다^{4, 5)}. 이렇게 제작된 디지털 모형을 사용하면, 간소화된 virtual setup이 가능하며, 위에서 열거한 특수한 경우에서 최종 교합을 디지털 모형상에서 설정하여 치료 후반에 발생 가능한 조기 접촉 부분을 예측하고, 치아 비율 조정을 위한 치간 삭제(interproximal reduction)를 정량화할 수 있다. 또한 교정 진단 시 치아의 최종 위치를 설정할 수 있고, 이를 이용하여 환자에게 꼭 맞는 individual prescription이 부여된 장치와 악궁 형태에 최적화된 와이어를 제작할 수 있다. 또한 브라켓의 위치를 디지털 모형에서 미리 설정하고 3D printing 기술을 이용하여 jig를 제작함으로써 계획된 위치에 정확하게 브라켓을 부착할 수 있도록 한다. 이에 본 저자들은 이러한 디지털 기술을 이용하여 제작되고 있는 개인 맞춤형 순측 및 설측 교정 장치 시스템을 소개하고자 한다.

II. 개인 맞춤형 교정 장치 시스템

1. Incognito™ (3M Unitek)

치아의 설면은 순면에 비하여 형태가 훨씬 다양하고 곡률이 심하기 때문에 개인 맞춤형 교정 장치의 기술은 순측 교정 장치보다 설측 교정 장치에서 더 많은 장점을 가진다. 환자들의 심미적 요구의 증가에 따라 설측 교정치료에 대한 수요가 증가하는 추세이고, 다양한 설측 교정 장치가 개발되어 임상에서 사용되고 있으나 순측 교정 장치에 비해 술자가 경험하는 다양한 어려움이 있다. 설측 교정 장치로 인해 임상가가 겪게 되는 어려움의 주된 원인은 시야 확보 및 접근성의 제약과 치아 설측면의 다양한 해부학적 변이로 인한 브라켓 위치의 차이이다. 또한 감소된 브라켓 간 거리(interbracket distance)로 인한 증가된 load-

임상가를 위한 특집 3

deflection ratio 및 브라켓 슬롯과 치아의 저항중심(center of resistance)까지의 거리가 증가되어 발생하는 생역학적 차이가 있으며⁶⁾, 이를 해결하기 위해 개인 맞춤형 설측 교정장치의 필요성이 증가하였고, CAD/CAM 기술을 이용한 Incognito™ 시스템이 개발되었다^{7, 8)}.

Incognito™ 시스템의 제작과정은 실리콘 인상 또

는 구강내 스캔을 통해 디지털 프로세스로 진행이 가능하며 (Fig. 1) 장치 제작 과정은 Fig 2에 도식화 되어 있다.

Incognito™ 브라켓의 슬롯의 사이즈는 0.018 X 0.025 인치이고 전치부는 수직 슬롯, 구치부는 수평 슬롯을 가진다. 전치부의 수직 슬롯은 치아의 회전 조절에 용이하며 전치부 후방 견인 시 수평 슬롯 브라켓

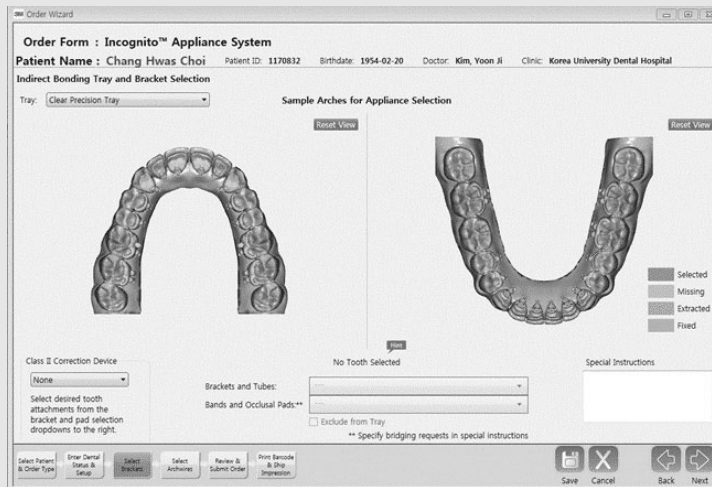


Fig. 1. Incognito에서 전용 소프트웨어인 Treatment Management Portal(TMP) 를 이용하여 환자 case order를 하는 모습

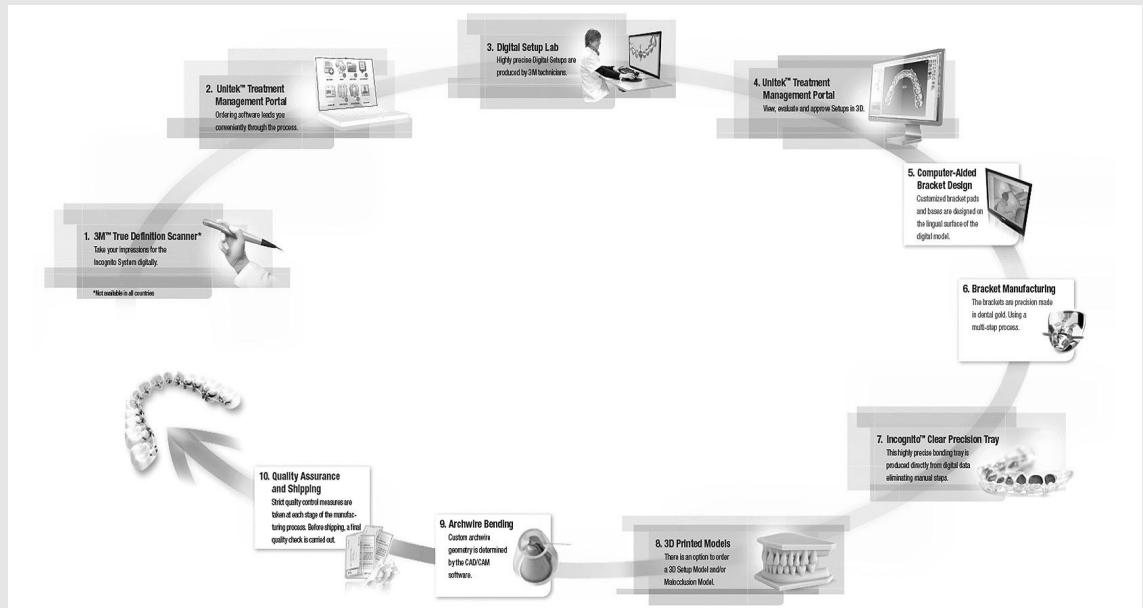


Fig. 2. Incognito 장치 제작 과정

에 비해 토크 조절이 용이하다. 또한 효율적인 토크 조절을 위해 필수적인 슬롯의 크기의 정확도는 다른 설측 기성 설측 장치에 비해 우수한 것으로 나타났으며⁹⁾, 따라서 와이어 크기에 따른 torsional play를 비교적 정확하게 예측할 수 있다.

브라켓 base는 환자 치아의 설측면에 최적화 되어 제작되기 때문에 매우 낮은 프로파일을 가지게 되고 따라서 환자가 느끼는 이물감이 최소화된다. 또한 술자의 필요에 따라 다양한 형태의 브라켓을 제작할 수 있고, 특히 매복되어 모형에 존재하지 않는 치아(매복 견치 등)에서도 반대편 치아의 mirror image를 이용하여 브라켓 제작이 가능하다. First order bend가 부여된 개별 맞춤화된 호선을 사용하며 레벨링시에는 customized Ni-Ti wire를 사용하고, 작업 호선은 0.016 X 0.024 인치 stainless steel, 마무리 과정에서는 0.0182 X 0.0182 인치 beta Titanium 호선이 주로 사용된다.

치료 결과의 정확성은 치료 계획 수립 시 제작하였던 Incognito™ virtual setup과 실제 치료 후의 디지털 모형을 중첩하여 결과를 비교했을 때, 상악 제2대구치의 토크를 제외하고는 결과의 높은 정확성이 확인되었다¹⁰⁾.

2. Harmony™ (American Orthodontics)

Harmony™는 스테인리스 스틸로 만들어진 설측 맞춤형 장치로서, Incognito™와의 가장 큰 차이점은 Incognito™는 금합금으로 제작된 conventional ligation bracket을 사용하는 반면 Harmony™는 metal injection molding 기술로 제작된 자가 결찰(self-ligation) 슬롯을 사용한다는 것이다. Harmony의 자가 결찰 브라켓은 interactive type 이기 때문에, 초기 배열 시에는 호선이 브라켓 슬롯 내에 passive 하게 위치하여 마찰이 최소화되며 치료 후반에 각형 와이어가 삽입되면

clip이 작용하여 슬롯 내 torsional play가 최소화되고 따라서 토크 조절이 용이해진다. Harmony™의 가장 큰 장점으로서는 자가 결찰 시스템으로 인한 chair time의 감소이다. 순측 자가 결찰 브라켓의 경우 와이어 결찰시 평균 1분 4초가 소요되고 설측 자가 결찰 브라켓의 경우 평균 1분 22초가 보고된 반면, 순측 conventional 브라켓의 경우 평균 4분 48초, 설측 conventional 브라켓의 경우 평균 10분 26초의 결찰 시간이 보고되었다¹¹⁾.

Harmony™ 장치의 제작은 인상 채득 방법(실리콘 또는 구강내 스캔)에 상관없이 동일하게 진행되며 세부 과정은 다음과 같다.

- ① 환자의 개인별 치아 인상 채득(PVS impression) 또는 intraoral scanner를 이용하여 scan 후 Harmony™ 본사로 발송
- ② Hamony Technical Center에서 digital setup 진행
: Setup 진행 전 술자는 Harmony™ 전용 software를 사용하여 환자의 임상 정보 및 bracket type, 원하는 slot 크기, hook 위치, arch wire sequence, jig형태, arch form, arch expansion 여부, interproximal reduction 여부, arch wire plane 위치 및 치료 계획을 전달한다.
- ③ Virtual setup을 전용 프로그램으로 확인하여 최종 승인 (Fig. 3)
- ④ 개인별 맞춤 base를 가진 브라켓 제작
- ⑤ Repositioning jig
: 전치부에 브라켓을 다시 붙일 때, 레진으로 제작된 individual jig가 있어 정확한 위치에 재 부착할 수 있도록 한다.
- ⑥ wire fabrication
: Harmony™의 주호선은 로봇에 의해 first 와 second order bend가 부여된다. Arch form은 크게 Harmony arch 와 Traditional arch로 구분되며 각각 세부적으로 straight,

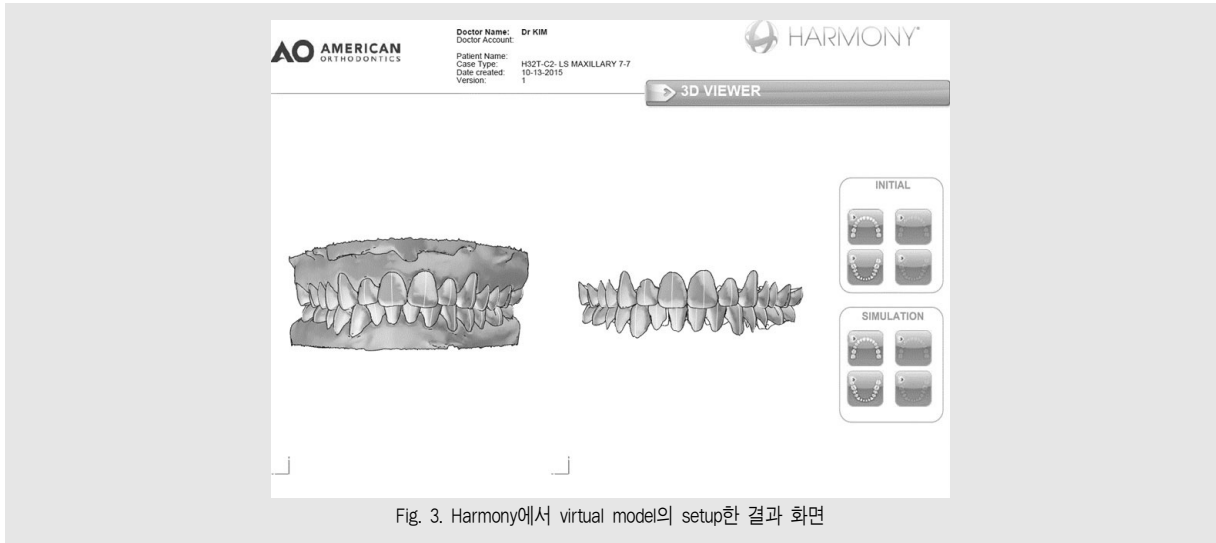


Fig. 3. Harmony에서 virtual model의 setup한 결과 화면

optimized, close fit 등을 선택할 수 있다. Harmony arch wire와 기존의 traditional arch wire의 차이점은 전치부 와이어 shape에 있는데, 기존의 arch wire는 부드러운 곡선인 반면, Harmony wire는 bending 되어 있어 wire가 slot안에 직선으로 들어감으로써 마찰을 최소화한다.

3. Insignia™ (Ormco)

Insignia™는 순측 교정을 위한 맞춤 교정 장치로서 앞서 소개된 설측 장치와 마찬가지로 환자의 디지털 모형 제작 후 전용 소프트웨어인 Insignia Approver를 통하여 치료 계획 및 bracket type, wire sequence를 선택하면 그에 맞춰 제작되는 방식이다. 특징적으로 슬롯 사이즈를 0.018 인치와 0.022인치 시스템 중 선택이 가능하며, 순측 장치이므로 metal 또는 ceramic 브라켓으로 선택할 수 있다. Metal bracket은 Insignia System 전용인 fully customized passive self-ligation metal bracket (Insignia-SL)을 사용하고, ceramic bracket은 기존의 Damon Clear bracket 중 setup 결과에 따라 각 치아에 요구되는 prescription에 가장 근사치를 가

진 브라켓이 선택된다. Wire는 Ni-Ti, Damon Copper Ni-Ti, beta-Titanium, stainless steel 등이 있으며 arch form은 Insignia arch form과 Damon arch form 중 선택 가능하다. Insignia arch form은 환자의 mandible trough의 중심에 치아가 위치한 arch form이며, Damon arch form은 기존의 Damon arch form의 형태에 따르되 환자의 하악 치조골이 허용하는 범위 내에서 비올 및 크기가 조정된다.

Insignia™의 특징은 다음과 같다.

1) 치료 시작 전 미리 치료 결과를 3D로 확인(Fig. 4) 전용 소프트웨어를 통해 치료 전에서 치료 후의 치아 배열로 이동하는 과정을 입체적으로 확인하여 치아 이동의 양상을 예측할 수 있고, 이러한 변화를 환자에게 직접 보여줄 수 있어 환자의 협조도 및 치료 동의를 높일 수 있다.

2) Smile arc의 설정(Fig. 5)

환자의 smile 사진을 보며 상악 전치부의 smile arc를 직접 조정할 수 있으며, 그에 따라 브라켓 및 와이어가 제작되어 이상적인 smile line을 형성할 수 있다.

3) 치아 이동의 정량화

개개의 브라켓에 부여된 prescription 및 악궁의 확장량, 치간 삭제량을 확인할 수 있어 장치를 더 정확하게 설계할 수 있다.

4) Occlusogram을 통한 교합 접촉 확인 (Fig. 6)

상하 치아의 교합 접촉의 위치 및 크기를 3차원으로 확인 가능하여 환자 개개인에 맞는 이상적인 최종 교합을 설정할 수 있다.



Fig. 4. Insignia에서 치료 시작 전 미리 치료 결과를 3D로 확인하는 모습 (녹색: 치료 전, 백색: 치료 후)



Fig. 5. Insignia에서 환자 model의 setup시 상악전치의 수직적 위치를 설정하여 smile arc를 조정하는 모습

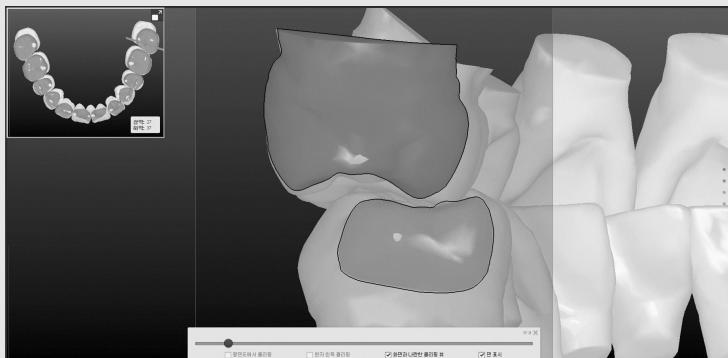


Fig. 6. Insignia에서 Occlusogram을 통해 setup후 상악 치아의 교합 접촉을 확인하는 모습

임상가를 위한 특집 3

5) Setup된 치아의 개별적인 조절 가능(Fig. 7)
 setup된 치아의 위치나 rotation, inclination, angulation 등을 수정하고 싶을 경우 Insignia Approver program에서 직접 수정하면 최종 setup에 반영되어 장치를 제작할 수 있다.

6) 노트를 통한 치료 계획 및 set up 수정의 반영
 Insignia Approver에 있는 노트 기능을 사용해 setup 및 bracket, wire의 수정 사항을 첨부할 수 있어 치료 계획의 빠른 수정 및 Ormco 본사와의 원활한 의사소통이 가능하다.

7) 환자의 얼굴 및 구강 내 사진을 업로드 가능
 환자의 soft tissue profile 및 clinical impression을 반영한 치료 계획 수립 및 setup을 할 수 있다.

비발치로 치료한 환자에서 Insignia System은 기존의 preadjusted bracket system 대비 총 치료 기간은 약 37% 감소하였으며 배열(alignment), 회전(rotations), overjet 및 치근 경사도(root angulation)에서 기존의 system보다 향상된 결과를 보였다¹²⁾.

Insignia는 개별화된 bracket 및 wire를 통해 각 치아의 형태에 맞는 세세한 조절이 가능하고, 초기 배열에서 마무리 단계까지 악궁 형태를 조정하여 상하악 arch coordination이 용이하며, 최종 치아 위치를 설정할 수 있어 치아가 초기 위치에서 최종 교합으로 좀 더 효율적인 경로를 통해 이동될 수 있기 때문에 단 기간 내에 좋은 치료 결과를 얻을 수 있다.

III. 결론

최근 치과계에서는 지르코니아와 같은 심미적 보철 수복 재료의 발전과 더불어 CAD/CAM 기술을 이용한 디지털 치과 치료의 급속한 발전을 보이고 있다. 교정 분야에서도 디지털 모형을 이용한 virtual setup과 이를 이용한 개인 맞춤형 장치의 제작 및 indirect bonding system은 기존 교정 장치 시스템에 비해 분명한 장점을 가진다. 하지만, 모든 경우에서 개인 맞춤형 장치가 필요한 것은 아니며, 기존 장치에 비해 높은 비용, 인상 채득 후 장치 제작까지 소요되는 시간(약 6-8주), 인상이 부정확한 경우 발생하는 문제 등 단점들도 고려하여야 한다. 또한 치료 기간의 단축 및 치료 결과의 정확도는 앞으로 더 많은 검증이 이루어

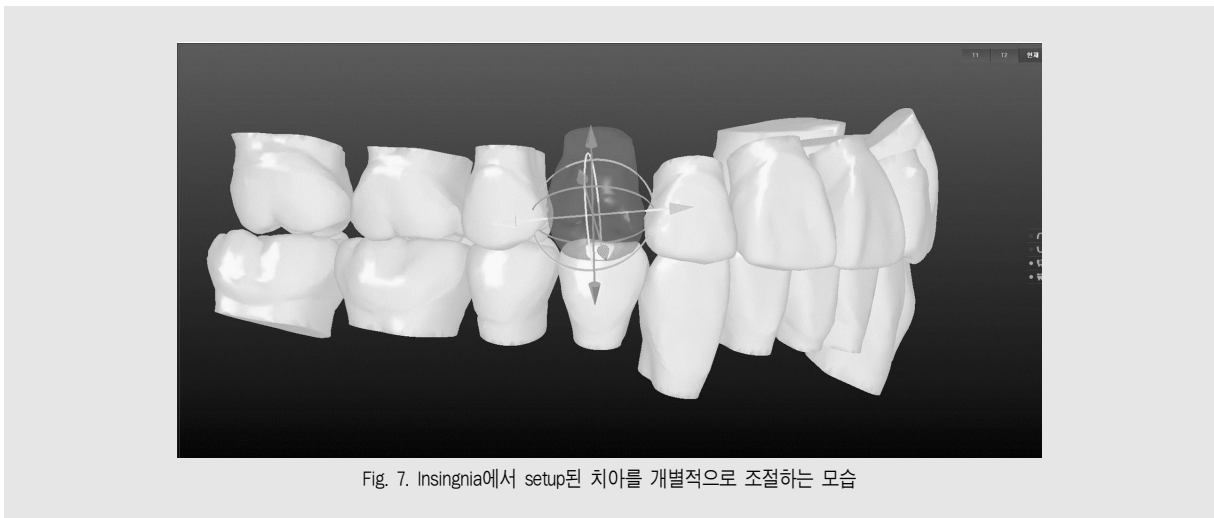


Fig. 7. Insignia에서 setup된 치아를 개별적으로 조절하는 모습

져야 할 것이다. 환자의 진단은 장치 시스템이 아닌 교정 의사가 하는 것이기 때문에, 치료 계획을 수립할 때 치아가 생리적으로 가능한 범위 내에서 치료 목표를

설정하고 setup 시 반영해야 할 것이며, 디지털 기술은 단지 치료의 효율성과 정확도를 향상시키는 매개체라는 것을 염두 하여야 할 것이다.

참 고 문 헌

1. von Wilmsowky C, Bergauer B, Nkenke E, Neukam FW, Neuhuber W, Lell M, et al. A new, highly precise measurement technology for the in vitro evaluation of the accuracy of digital imaging data. *Journal of Cranio-Maxillofacial Surgery*. 2015;43(8):1335-9.
2. Yang W-M, Ho C-T, Lo L-J. Automatic superimposition of palatal fiducial markers for accurate integration of digital dental model and cone beam computed tomography. *Journal of Oral and Maxillofacial Surgery*. 2015.
3. Goracci C, Franchi L, Vichi A, Ferrari M. Accuracy, reliability, and efficiency of intraoral scanners for full-arch impressions: a systematic review of the clinical evidence. *The European Journal of Orthodontics*. 2015:cjv077.
4. Plooij JM, Maal TJ, Haers P, Borstlap WA, Kuijpers-Jagtman AM, Bergé SJ. Digital three-dimensional image fusion processes for planning and evaluating orthodontics and orthognathic surgery. A systematic review. *International journal of oral and maxillofacial surgery*. 2011;40(4):341-52.
5. Hajeer M, Millett D, Ayoub A, Siebert J. Applications of 3D imaging in orthodontics: part II. *Journal of orthodontics*. 2004(31):154-62.
6. Liang W, Rong Q, Lin J, Xu B. Torque control of the maxillary incisors in lingual and labial orthodontics: a 3-dimensional finite element analysis. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*. 2009;135(3):316-22.
7. Wiechmann D. A new bracket system for lingual orthodontic treatment Part 1: Theoretical background and development. *Journal of Orofacial Orthopedics/Fortschritte der Kieferorthop?die*. 2002;63(3):234-45.
8. 박영철. 최신설측교정, 개인 맞춤형 설측 교정장치 (Incognito™)의 개발. 2015.
9. Demling A, Dittmer MP, Schwestka-Polly R. Comparative analysis of slot dimension in lingual bracket systems. *Head Face Med*. 2009;5:27.
10. Grauer D, Proffit WR. Accuracy in tooth positioning with a fully customized lingual orthodontic appliance. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*. 2011;140(3):433-43.
11. Matsuno I. The Digital Self ligating Lingual System: HARMONY. *Korean Journal of Lingual Orthodontics*. 2015;4(1):37-50.
12. Weber DJ, 2nd, Koroluk LD, Phillips C, Nguyen T, Proffit WR. Clinical effectiveness and efficiency of customized vs. conventional preadjusted bracket systems. *Journal of clinical orthodontics : JCO*. 2013;47(4):261-6; quiz 8.