

3D 프린터로 제작하는 마우스가드

고려대학교 의과대학 치과학교실

류재준, 이수영

ORCID ID

류재준,  <https://orcid.org/0000-0001-6903-5955>

이수영,  <https://orcid.org/0000-0003-4644-0776>

ABSTRACT

3D Printed customized sports mouthguard

Department of Dentistry, Korea University College of Medicine

Jae Jun Ryu, Soo Young Lee

The conventional mouthguard fabrication process consists of elastomeric impression taking and followed gypsum model making is now into intraoral scanning and direct mouthguard 3D printing with an additive manufacturing process. Also, dental professionals can get various diagnostic data collection such as facial scans, cone-beam CT, jaw motion tracking, and intraoral scan data to superimpose them for making virtual patient datasets. To print mouthguards, dental CAD software allows dental professionals to design mouthguards with ease. This article shows how to make 3D printed mouthguard step by step.

Keywords : Mouthguard, Sports Dentistry, 3D Printing

Corresponding Author

Jae Jun Ryu

Department of Dentistry, Korea University College of Medicine

73, Incheon-ro, SEongbuk-gu, Seoul, Republic of Korea, Postal code : 08241

TEL : +82-2-920-5425 E-mail : koprosth@unitel.co.kr

서론

마우스가드는 스포츠선수들을 치아와 악안면 영역을 외상으로부터 보호하기 위한 장치로서¹⁾, 마우스가드 착용시 스포츠선수들의 경기력 향상이 보고되고 있다²⁾.

선수 맞춤형 마우스가드(customized mouthguard)는 선수 개개인의 치아 형태에 맞추어 제작함으로써 구강내 장착감이 좋고, 운동시 기성 마우스가드와 비교하였을 때 쉽게 벗겨지지 않으며, 균등한 교합접촉을 얻을 수 있는 장점을 가지고 있다.

선수 맞춤형 마우스가드를 제작하는 일반적인 방법은 환자 구강내에서 인상채득을 시행한 이후, 석고모형을 제작한 다음, 가압형 시트성형기를 사용하여 라미네이

트 타입으로 마우스가드를 제작하게 된다. 이러한 라미네이트 타입의 마우스가드 제작방식은 마우스가드의 두께조절이 용이하고 다양한 색상을 부여할 수 있으며, 연성재료와 경성재료를 혼합하여 제작할 수 있는 장점을 가지고 있으나, 가공과정이 복잡한 단점을 가지고 있다.

선수 맞춤형 마우스가드는 디지털치의학 기술을 이용하여 제작이 가능하다. 환자 구강내에서 elastomeric material을 이용한 인상채득과정은 구강스캐너를 이용한 광학인상채득으로 대체될 수 있으며, 가공과정은 Computer-aided design(CAD) 와 Computer-aided manufacturing(CAM) 과정을 통해 마우스가드를 제작하게 된다³⁾.

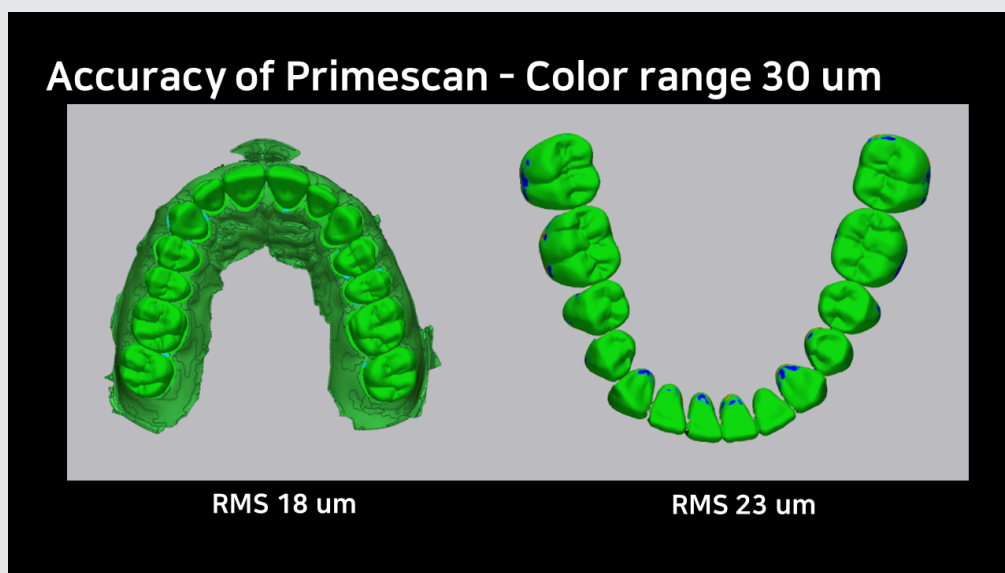


Fig. 1. 구강스캐너를 이용한 광학스캔방식의 인상채득의 정밀도

본 논문에서는 디지털치의학 기술을 활용하여 선수 맞춤형 마우스가드를 3D 프린터로 제작하는 과정을 살

펴보고 앞으로의 발전방향에 대해 살펴보려고 한다.

본론

구강스캐너를 이용한 3D 마우스가드 제작방법

구강스캔

마우스가드 제작을 위한 구강내 정보 수집을 위해 3Shape Trios3와 CEREC Primescan을 이용하여 구강스캔을 진행하였다.

마우스가드 CAD 디자인

마우스가드를 디자인하기 위해 사용되고 있는 다양한 치과용 CAD software 중 3Shape(Denmark, Copen-

hagen)사의 Appliance Designer 와 Splint Studio가 널리 사용되고 있으며, 본 논문에서는 Appliance Designer를 이용하여 마우스가드를 디자인하였다.

마우스가드 제작시 약간교합관계를 채득하는 방법으로, 환자분의 maximum intercuspation 상태를 구강내에서 스캔하여 정보를 획득한 다음 가상교합기상에서 교합을 저장하는 방법과, 구강내에서 wax를 이용하여 교합이 저장되어있는 상태를 채득한 다음, 이러한 상태를 구강스캔하여 CAD로 정보를 옮기는 두가지 방법이 있다. 본 논문에서는 가상교합기상에서 incisal pin을 올려 교합을 저장하였다.



Fig. 2. 구강스캔데이터를 가상교합기에 마운팅

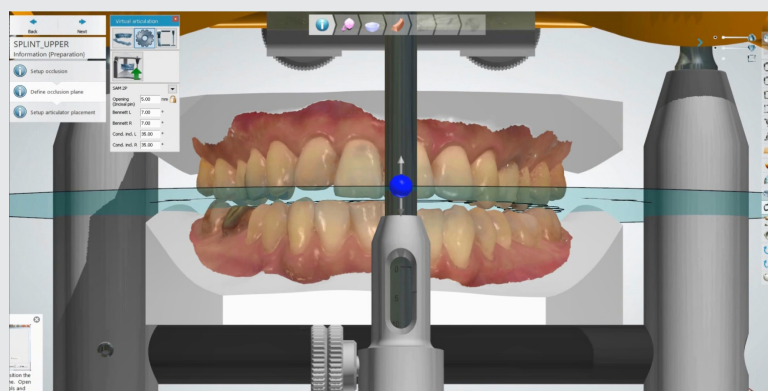


Fig. 3. 가상교합기상의 incisal pin을 조절

과거에는 마우스가드 디자인을 위해 산업용 CAD 프로그램을 이용하여 디자인을 하였으나⁴⁾, 지금은 치과용 CAD 프로그램을 이용한 디자인이 가능하다. CAD 실제과정을 살펴보면, 마우스가드의 외형선을 CAD 상에서 지정한 이후, 선수종목에 따른 부상위험성을 고려

하여 마우스가드의 두께를 결정한 다음 CAD 프로그램에 두께정보를 입력하여 Shell을 형성한다. 이러한 shell을 형성하는 과정에서 마우스가드와 치아 사이의 간격(space) 값을 CAD상에 입력하여야 장착감이 좋은 3D 프린팅 마우스가드를 제작할 수 있다.

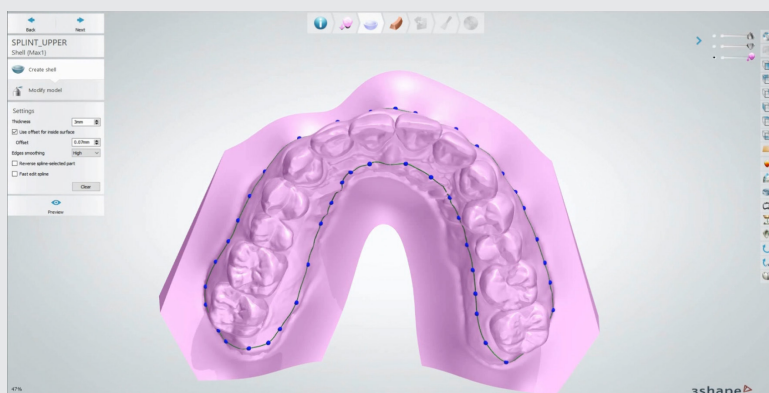


Fig. 4. 마우스가드의 외형선 설정

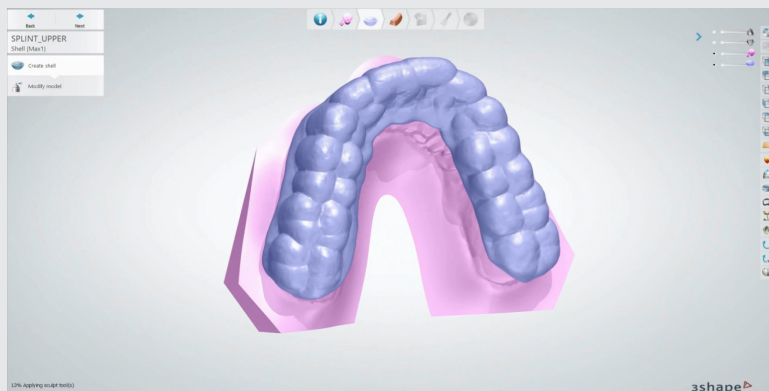


Fig. 5. Create shell 기능을 이용하여 마우스가드에 일정한 두께 부여

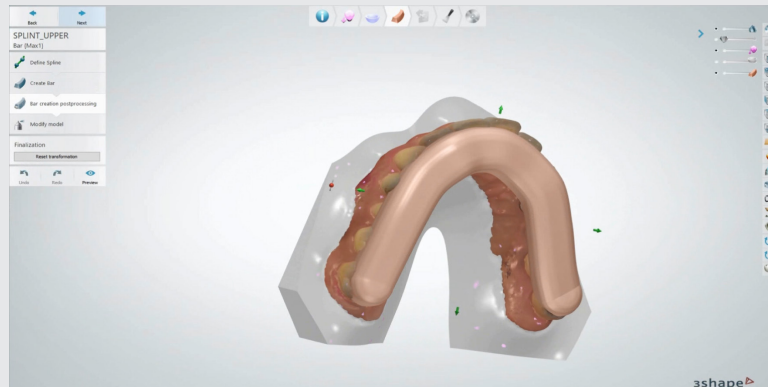


Fig. 6. 대합치와 접촉할 공간을 Bar 기능을 이용하여 두께 부여

Create shell 과 Bar 기능을 이용하여 상하악이 균일하게 접촉할 수 있는 외형을 형성한 다음 Combine 기능을 이용하여 결합한다.

이후 가상교합기상에서 시뮬레이션한 교합운동로에

맞추어 마우스가드의 교합조정을 자동으로 진행하면 마우스가드 CAD 디자인이 완성된다.

마우스가드 표면에는 선수 이름 소속 등 다양한 정보를 음형과 양향으로 새겨 넣을 수 있다.

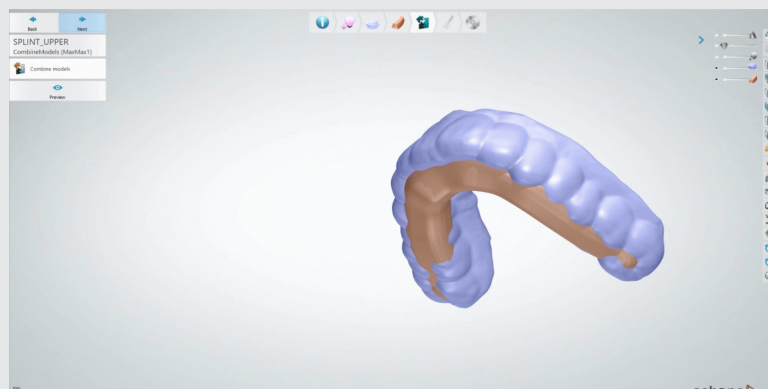


Fig. 7. Shell과 Bar를 combine

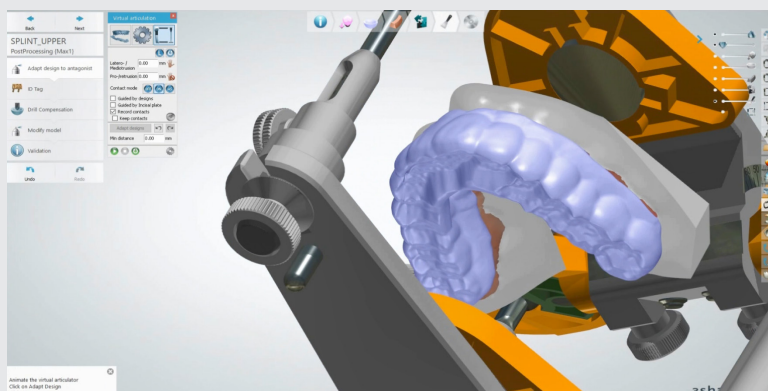


Fig. 8. 가상교합기 상에서 마우스가드 교합조정

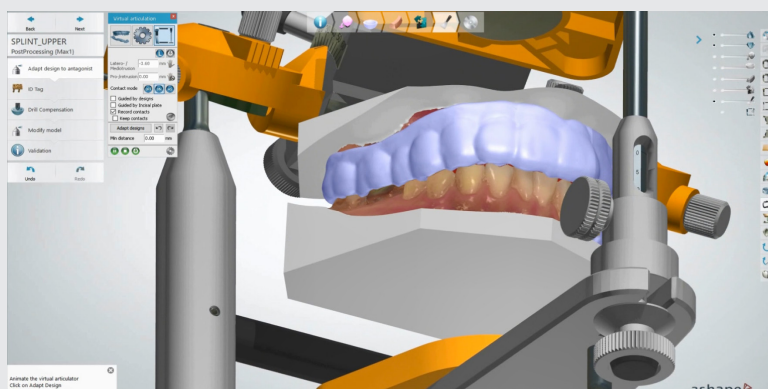


Fig. 9. 가상교합기 상에서의 우측방운동 시뮬레이션 및 마우스가드 교합조정

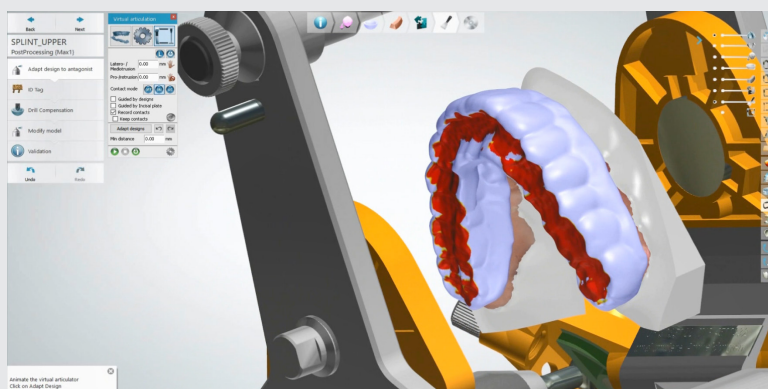
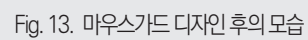
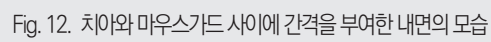
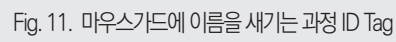


Fig. 10. 가상교합기상에서 시뮬레이션한 마우스가드의 교합면



이렇게 디자인된 마우스가드가 실제 선수가 착용하였을 때 어떠한 모습인지 Virtual Patient Dataset 상에서 시뮬레이션 할 수 있다. 과거 디지털치의를 CAD/CAM 장비를 이용하여 치과보철물과 마우스가드를 제작하는 과정으로 협소하게 생각하는 경향이 있었다면, 지금의 디지털치의학의 흐름은 한 환자로부터 다양한 3차원 영상진단정보를 수집하고, 이러한 3D 진단정보데이터를 superimposition 과정을 통해 하나의 데이터로 모아 정리하여 진단 및 치료계획을 수립하는 과정의 중요성이 부각되고 있다⁹⁾. 이러한 환자의 3D 데이터를 가상환자(Virtual Patient) 라고 부르기도 하고, 한 환자로부터 얻어진 다양한 데이터의 모음이라는 것을 강조하기 위해 Virtual Patient Datasets으로 부르기도 한다.

Scan 과정은 환자의 진단정보수집과정(Diagnostic Data Collection)에 해당한다. 환자로부터 수집되는 3차원 데이터는 source에 따른 incoming data quality inspection이 필요하다. 이러한 데이터의 정밀도는

trueness와 precision으로 측정하게 되는데, 구강스캐너의 경우 전악 기준 RMS(Root Mean Square) 50um에 도달하여 정밀한 전악 광학인상채득이 가능해졌다. CAD(Computer-aided design) 과정이 가상환자데이터셋을 기반으로 진단 및 치료계획을 수립하는 과정이라는 점을 고려해 보았을 때, 치과용 CAD 프로그램을 통해 선수의 안모스캔(facial scan), CBCT 스캔 그리고 구강스캔데이터를 superimposition한 Virtual patient dataset을 이용하여 마우스가드를 디자인할 수 있으며, 가상공간상에서 디자인 제작한 마우스가드는 실제 선수에게 실물 마우스가드로 전달할 수 있다. CAM(Computer-aided manufacturing) 과정은 가상환자데이터셋 상에서 시뮬레이션한 치료과정과 예상되는 치료결과를 실제 환자에게 그대로 전달하는 과정(Treatment plan transferring tool)이며, 이렇게 가상공간상에서 수립한 계획을 현실의 환자와 선수에게 전달하는 과정에서 가공과정의 Quality control이 중요하다.



Fig. 14. 구강스캔데이터와 안면스캔데이터를 superimposition한 Virtual Patient Dataset

임상가를 위한 특집 2

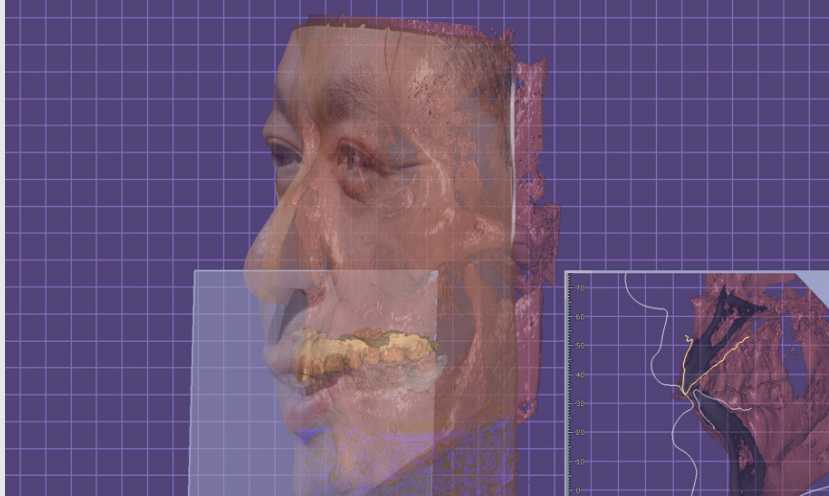


Fig. 15. 안면스캔데이터, CBCT, 구강스캔데이터를 superimposition한 Virtual Patient Dataset

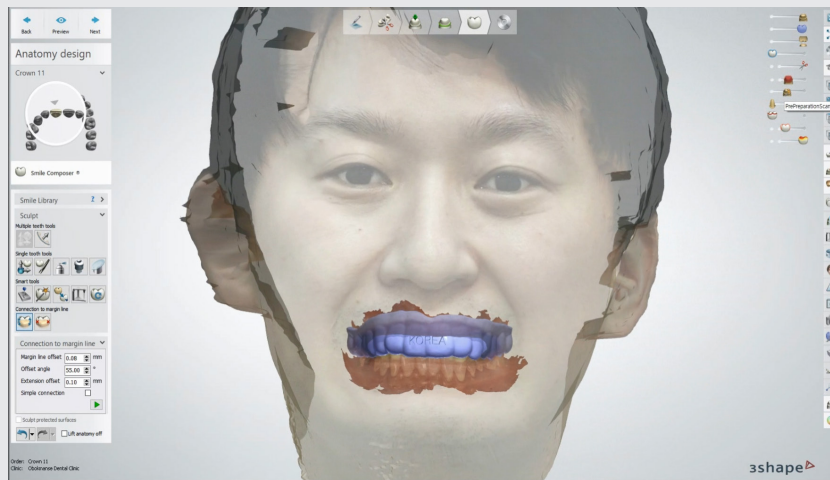


Fig. 16. Virtual Patient Dataset에서 바라본 마우스가드 장착 후의 모습

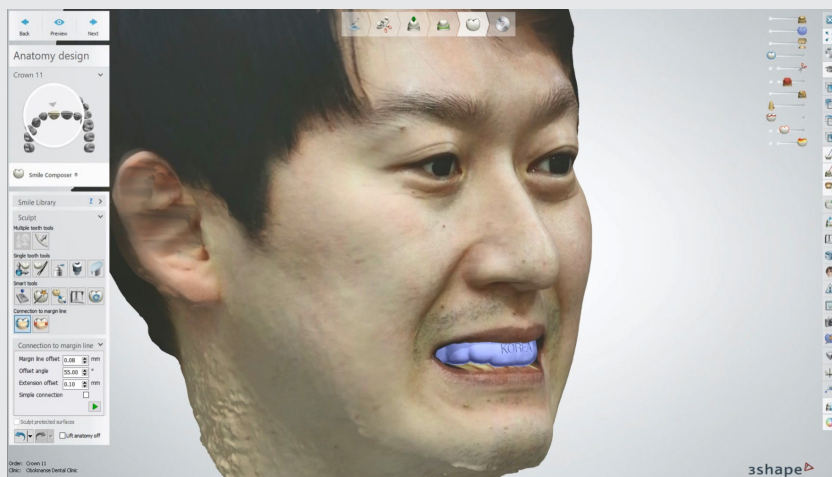


Fig. 17. 가상환자데이터세트상에서 시뮬레이션한 마우스가드 장착 후의 모습

마우스가드 3D 프린팅

프린팅 소재는 마우스가드 프린팅을 목적으로 개발된 DSM(Amsterdam, Netherland)사의 Arnitel® ID 2045 Thermoplastic copolymer를 선택하여 사용하였고, Fused Deposition Modelling(FDM) 방식의 Cubicon Style 210D(Cubicon, Sungnam-si, Republic of Korea) 3D 프린터를 이용하여 마우스가드를 출력하였다.

출력 후 얇은 실처럼 남은 부위는 열풍기를 이용하여 후 처리(post processing)를 시행하였다.

FDM 방식의 3D 프린팅의 정밀도는 지속적으로 개선이 되어, 현재는 치과보철물을 제작을 위한 모델제작이 가능하며, FDM 프린터를 사용하여 높은 정밀도를 가지는 프린팅 결과물 제작이 가능하다^{6,7)}.

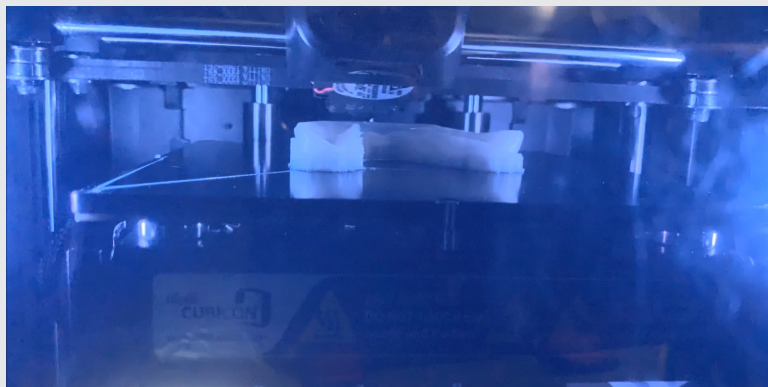


Fig. 18. 3D 프린터를 이용하여 마우스가드 출력



Fig. 19. Highly flexible TPC (thermoplastic copolyester)

Mechanical properties (TPE)

Tear strength	75 kN/m	ISO 34-1; Method B
Shore D Hardness (3s)	34 -	ISO 868

Diagrams

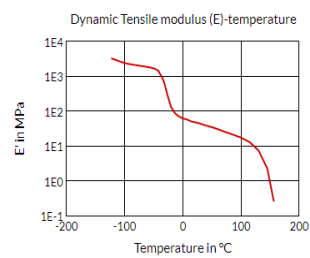
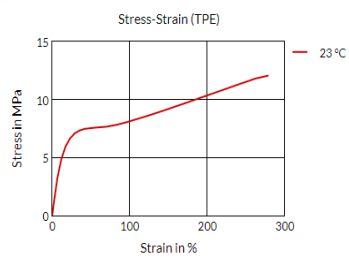


Fig. 20. Mechanical Property of 3D printing material



Fig. 21. 실처럼 생긴 부위는 열풍기를 이용한 후처리(post processing) 과정이 필요하다.

결론 및 고찰

3D 프린터로 마우스가드를 제작하기 위한 모든 기술적인 준비는 완성되어 있으나, 마우스가드 제작을 위한 3D 프린팅 소재에 대한 규제 허가사항이 각 나라별로 다르며, 2020년 현재 마우스가드 제작을 위해 대한민국 식품의약품안전처의 허가를 받은 3D 프린팅 소재가 존재하지 않아 지금 당장 한국 치과계 및 스포츠계에 3D printed mouthguard를 적용할 수 없는 한계가 존재한다.

구강스캐너와 3D 프린터를 적용한 디지털 기술을 활용하여 마우스가드를 제작하는 방법과 기존의 마우스가

드 기공과정을 비교해 보았을 때, 기존의 마우스가드 제작방식은 숙련된 치과기공사의 손을 이용하여 다양한 소재와 방법을 적용하여 마우스가드를 제작할 수 있으나 많은 노동력과 시간 투입이 필요하며, 이와 달리 디지털 기술을 활용한 마우스가드 제작은 제작시간을 단축시킬 수 있으며 노동력과 시간 투입이 적고, 재료소모가 작은 장점을 가지고 있다.

마우스가드의 기성 제작방식과 디지털 제작방식은 각각의 장단점을 가지고 있기에, 두가지 제작방법은 공존할 것으로 예상되며, 선수맞춤형 보급형 마우스가드 제작은 3D 프린터의 활용이 늘어날 것으로 예측된다.

참 고 문 헌

1. 노관태. 치과의사 맞춤형 마우스가드의 제작방법, 대한치과의사협회지. 2018;56(6):333-338
2. 이수영, 조영민, 박준서, 류재준. 마우스가드 착용 이 생활체육 운동선수의 최대근력에 미치는 영향. 대한스포츠치의학회지. 2015;6(1):34-40,
3. 류재준, 이수영. 마우스가드와 스포츠치의학의 발전과 미래. 대한치과의사협회지. 2018;56(6):339-346
4. Lee SY et al. Modified digital workflow for artificial tooth exchange in a complete denture: A dental technique. J Prosthet Dent. 2020;123(2):236-238.
5. Lee SY et al. Superimposition of a cone beam computed tomography (CBCT) scan and a photograph: A dental technique. J Prosthet Dent. 2020 doi: 10.1016/j.prosdent.2020.01.008. Online ahead of print.
6. Kim HC et al. Denture flask fabrication using fused deposition modeling three-dimensional printing. J Prosthodont Res. 2020;64(2):231-234
7. Lee DY et al. A Hybrid Dental Model Concept Utilizing Fused Deposition Modeling and Digital Light Processing 3D Printing. Int J Prosthodont. 2020;33(2):229-231