

마우스가드와 스포츠치의학의 발전과 미래

고려대학교 의과대학 치과학교실
류재준, 이수영

ABSTRACT

Mouthguard and Sports Dentistry: a perspective for the future

Department of Dentistry, Korea University College of Medicine
Jae Jun Ryu, DDS, PhD, Soo Young Lee, DMD, MSc

Conventional mouthguard fabrication process which consists of elastomeric impression taking and followed gypsum model making is changing into intraoral scanning and dental model printing with 3D printer. In addition, new 3D printing materials for mouthguard, 3D Computer-Aided Design(CAD) software for dental appliance, evaluation of a virtual dentoalveolar model for testing virtually 3D designed mouthguard, and lightweight sensor technology will lead dental professionals to the new era of Sports Dentistry, including information technology integrated custom mouthguard fabrication and creating value with analytic data acquired from sensors in mouthguard

Key words : Mouthguard, Sports Dentistry, 3D Printing, Data Integration

Corresponding Author

Prof. Jae Jun Ryu

Department of Dentistry, Korea University College of Medicine,

73, Inchon-ro, Seongbuk-gu, Seoul, Republic of Korea, Postal code : 02841

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

I. 서론

스포츠치의학은 스포츠부상을 예방하고, 부상발생 시 응급처치 및 재활치료를 시행하며, 스포츠선수들

의 경기력 향상을 도모하고^{1, 2)}, 생활스포츠영역에서 스포츠닥터와 스포츠치의학 팀닥터로서 소속 지역에 밀착되어 아마추어 선수들을 지원하고 생활체육발전에 공헌하고 있다.

임상가를 위한 특집 ③



그림 1. EVA 소재를 이용하여 제작한 맞춤형 마우스가드



그림 2. 생활스포츠체육활동 중 배드민턴 라켓에 의한 하악전치부 파절

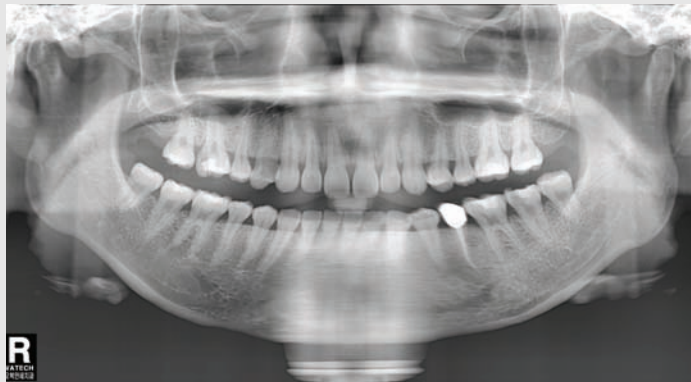


그림 3. 키패드 사고로 인한 하악골 골절

스포츠부상방지와 경기력향상을 위해 사용하는 마우스가드는 구강악안면 영역의 치아 및 지지조직의 손상을 예방할 수 있는 대표적인 보호장구이며, 운동 경기 혹은 연습 도중 발생하는 부상에 대한 심도와 발생 빈도를 낮출 수 있다. 마우스가드의 사용은 뇌진탕 (Concussion) 발생 가능성을 낮추고, 머리 퍽 등의 구강악안면 외상을 완화시킨다³⁾.

스포츠치의학에서 마우스가드는 스포츠 부상 예방 영역에서 가장 큰 역할을 차지하고 있지만, EVA 소재를 이용한 열성형방식의 마우스가드제작방법이 널리 보급된 이후로는 마우스가드의 소재와 제조방법의 변화가 크지 않은 것이 현실이다.

그러나 신소재의 개발과 제조방법의 개선, 사물인터넷을 통한 정보의 통합이 이루어지는 가까운 미래에는 마우스가드의 소재, 제조방법, 디자인, 기능에 많은 변화가 예상된다.

본 종설에서는 마우스가드 제작의 발전방향을 중심으로 향후 디지털치의학 기술과 융합된 스포츠치의학의 발전방향과 미래에 대해 전망해보고자 한다.

II. 본론

마우스가드 제작을 위한 신소재 개발

마우스가드에 의한 운동선수 보호능력은 마술이 아닌 과학이다. EVA 소재의 flexible 하고 compressive한 성질은 외부의 힘이 구강악안면 영역의 치아 및 지지조직에 가해지기까지 걸리는 시간을 증가시킴으로써, 치아 및 지지조직에 전달되는 힘을 줄여준다.

또한 스포츠부상을 일으킬 수 있는 외부의 힘이 가해지는 면적을 증가시킴으로써 단위면적당 가해지는 힘을 줄여주게 된다.

마우스가드 제작을 위한 신소재 개발방향에 대해 살펴보면, 높은 에너지충격을 흡수 분산할 수 있으며, 현대의 소재보다 찢김강도가 높고, 두께는 더 얇아지는 고분자폴리머 신소재 개발을 예상할 수 있으며, 이러한 고분자폴리머는 스포츠 부상의 마지막 순간까지 구강을 지킬 수 있는 강도와 질감을 가진 신소재를 사용하여 미래의 마우스가드를 제작하게 될 것으로 전망한다. Carbon fiber reinforced polymer

Where f=force, m=mass, a=acceleration, v=final velocity, u=initial velocity and t=time

$$f=ma \Rightarrow f=m\left(\frac{v-u}{t}\right) \Rightarrow f \propto \frac{1}{t}$$

그림 4. 마우스가드는 외력이 가해지기까지 걸리는 시간을 증가시킴으로써 치아 및 지지조직에 전달되는 힘을 줄여준다.

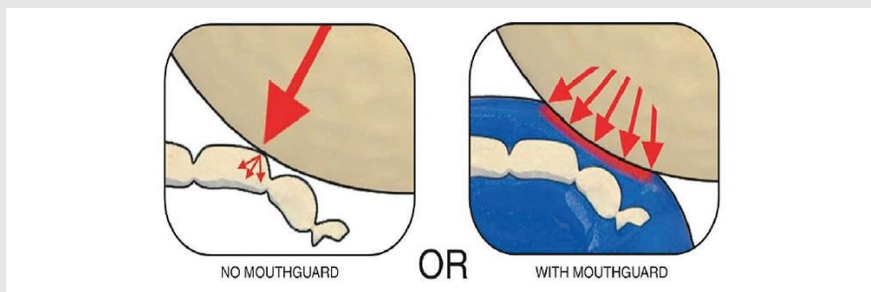


그림 5. 마우스가드는 단위면적당 가해지는 힘의 양을 줄여준다.

임상가를 위한 특집 3

(CFRPs) 소재 등 기존 소재의 경우 마우스가드 제작을 위한 가공의 어려움과 높은 제조비용으로 인하여 현재 마우스가드 제작시 사용되고 있지 않으나, 향후 3D 프린팅 기술 등 제조방법의 개선과 제조원가의 절감을 통해 마우스가드 및 스포츠 부상예방장치 제작에 실제로 적용될 것으로 예상된다.

마우스가드 제조방식의 아날로그에서 디지털로의 변화

치과영역에서 디지털치의학이 급속히 보급되면서 인상채득은 구강스캐너로, 캐스팅은 밀링과 3D 프린팅으로 변화 발전하고 있다. 이러한 아날로그 제조방

식에서 디지털 제조방식의 변화는 마우스가드 제작에도 영향을 미치고 있다.

제조방식의 개선에 대해 살펴보면, 마우스가드 제작시 구강스캐너 및 모델스캐너의 사용, 3D 프린팅을 사용한 작업모형제작 등 기존 마우스가드제조공정의 디지털화가 이루어지고 있다⁴⁾.

FDM(Fused Deposition Modeling) 3D 프린터를 사용하여 마우스가드를 3D 프린팅하는 기술이 상용화되었다. FDM 방식의 3D 프린터는 열가소성 플라스틱을 노즐 안에서 녹여 적층하면서 프린팅하는 방식으로, 레이저가 필요 없어 장비가 상대적으로 저렴하며, 광개시제가 필요 없기에 상대적으로 강도도 높은 장점을 가지고 있으나, 열에 의해 재료가 식으면



그림 6. 맞춤형 마우스가드 제작을 위한 구강스캐너의 활용



그림 7. 맞춤형 마우스가드 제작을 위한 구강스캐너와 3D 프린팅 모델의 활용



그림 8. FDM 방식의 3D 프린터로 출력하여 제작한 마우스가드

서 변형 및 수축이 발생할 수 있는 가능성이 있다.

3D 프린팅은 외면(outer surface)의 경우 기존의 wax up 제작방법으로는 만들 수 없는 구조와 모양을 3D 모델링 및 3D 프린터로 제작이 가능하며, 내부의 빈 공간은 lattice structure를 이용하여 적절한 강도를 가지면서 무게를 획기적으로 줄일 수 있는 기술 사용이 가능한 장점을 가진다. 외력에 저항하는 구조를 위해서는 cellular lattices 로 core를 구성하고 sandwich panel structures로 외형을 형성함으로써 마우스가드의 보호기능을 강화할 수 있으며, cellular lattices만으로 구성된 마우스가드를 디자인함으로써 다공성구조를 이용한 호흡이 가능한 마우스

스가드를 디자인할 수 있다.

이러한 lattice structure 모델링 개념을 맞춤형 마우스가드 제작을 위한 CAD design에 적용함으로써 말하기 편하고, 숨쉬기 편하며, 물도 마실 수 있는 3D printing 마우스가드를 제작할 수 있게 될 것이다.

또한 마우스가드의 보호능력을 테스트 하기 위해 기존의 물리적 실험장비를 사용하는 것이 아닌, 유한요소분석 등의 3D 모델링 해석 소프트웨어에 의한 분석 방법을 통해 더욱 쉽고 빠르게 새로운 마우스가드 디자인의 능력을 분석 평가할 수 있게 될 것이다.

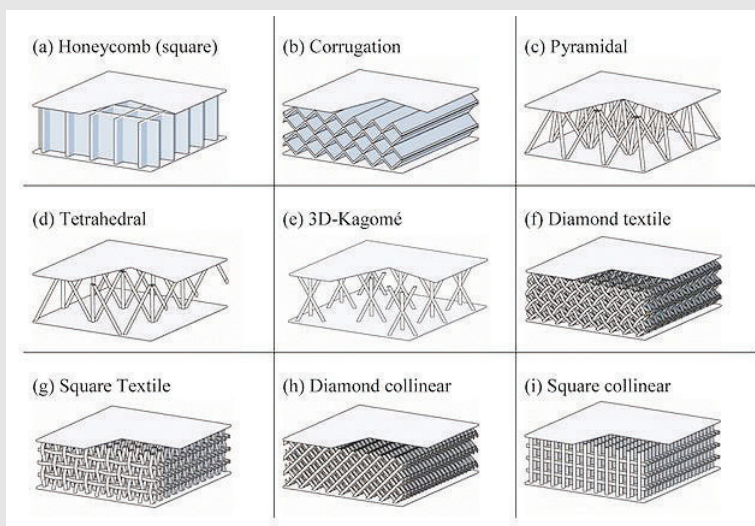


그림 9. cellular lattices로 core를 형성하고 sandwich panel structure를 구성하는 방법. 출처 <http://www.virginia.edu/ms/research/wadley/cellular-materials.html>

마우스가드를 이용한 정보의 수집과 통합

정보의 수집과 통합에 대해 살펴보면, 마우스가드 내부에 센서를 장착하고 센서에서 획득된 정보를 컴퓨터 디바이스로 전달하는 제품들이 실용화되어 판매되고 있다.

현재 마우스가드에 장착되는 센서는 외부의 충격량을 측정하고 뇌진탕가능성을 예측하는 방식이 대부분이다. 이때 전자부품 및 배터리의 소형화와 경량화,

무선충전기술의 적용을 통해 마우스가드 본연의 스포츠부상예방기능을 방해하지 않고 wearable device의 역할을 해 내고 있다.

전자기술의 발전은 전자부품의 극단적인 소형화와 사용전력량의 감소에 따른 배터리의 소형화, wearable device 사용의 증가와 이러한 디바이스에 전력을 공급하는 무선충전기술의 비약적 발전을 통해, 센서와 결합한 미래의 마우스가드는 외부충격량 측정 이외에도 산소 이산화탄소 측정 등 필요한 모든 정보



그림 10. 마우스가드 내부에 센서가 부착되어 있어 디지털 정보를 생성하는 상용 마우스가드



그림 11. 센서와 배터리가 내장된 Boil and Bite 마우스가드



그림 12. 센서와 배터리가 내장된 맞춤형 마우스가드

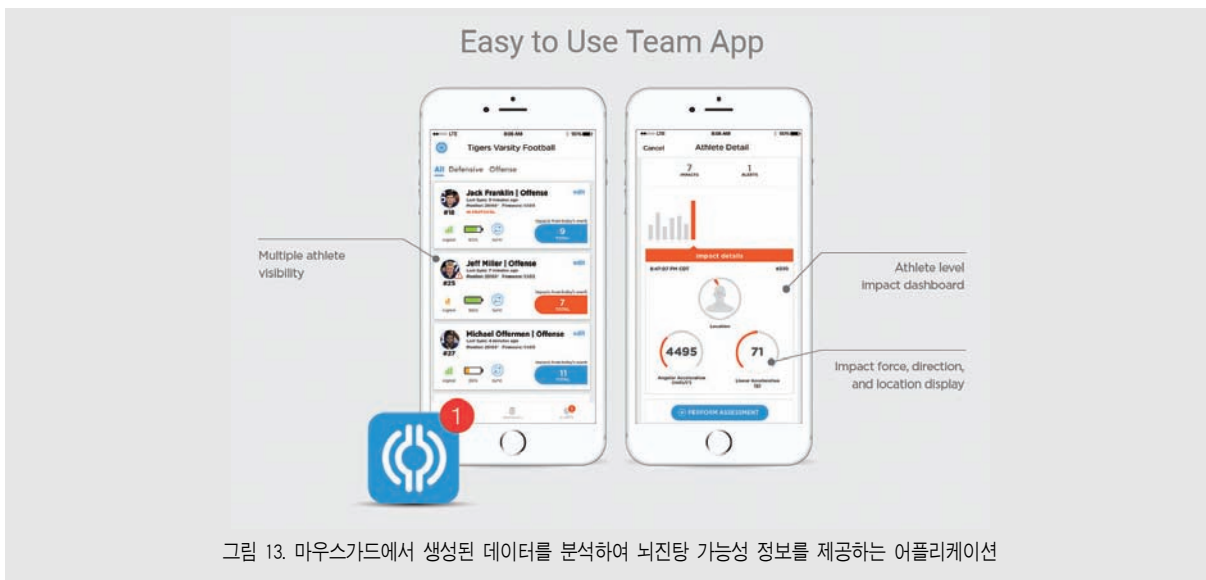


그림 13. 마우스가드에서 생성된 데이터를 분석하여 뇌진탕 가능성 정보를 제공하는 어플리케이션

를 획득할 수 있을 것으로 전망한다.

또한 마우스가드에 부착된 센서에 의해 획득된 다양한 디지털 정보를 분석함으로써, 현재 상용화되어있는 뇌진탕 가능성 측정과 두경부 충격 누적량 측정뿐만 아니라, 다양한 생체정보를 획득하고 분석함으로써 전문운동선수뿐만 아니라 생활체육인에 대한 다양한 데이터 해석정보를 얻을 수 있게 될 것이다.

마우스가드 제작기술을 응용한 다양한 맞춤형 보호장구의 제작

2002년 월드컵에서 김태영 선수가 안면부상에도 불구하고 안면보호대 Facial Guard를 착용 후 불굴의 투혼을 발휘한 경기모습을 기억하고 있다. 이러한 안면보호대는 얼굴을 알지네이트를 이용한 인상채득 및 석고모형제작의 과정이 필수적이었다. 그러나 스



그림 14. 안면스캔데이터, 구강스캔데이터, Cone Beam CT 데이터를 align & merging한 모습, 이렇게 integration 된 3D data를 이용하여 안면보호대 Facial guard 등의 다양한 맞춤형 보호장구 제작이 가능하다.

캐너의 발전 등 하드웨어의 발전과, 3D 모델링을 위한 photogrammetry 소프트웨어의 발전을 통해 Facial Scan이 가능해졌으며, 치과에서 널리 사용하고 있는 Cone Beam CT에서 저선량을 이용한 촬영 방식을 통해 Facial scan 데이터 획득이 가능하다. 이러한 광학장치, CBCT, MRI 데이터를 활용하여 알지네이트 인상채득과정 및 석고모형제작과정을 생략하고 3D 모델링을 통한 환자맞춤형 안면보호대 제작이 가능하다⁵⁾.

Ⅲ. 결론 및 고찰

본문에서 다루었듯이 마우스가드의 제작방법은 고기능성 폴리머 신소재 개발, 3D 모델링 기술과 3D 시뮬레이션 기술의 발전, 다양한 데이터를 측정할 수 있

는 초소형 센서의 보급, 3D 프린팅 기술 등의 새로운 제조기술로 변화 발전하게 될 것이며, 이러한 신소재 개발, 신기술발전 그리고 마우스가드에서 생성된 다양한 디지털 데이터를 해석하는 소프트웨어에 의해 맞춤형 마우스가드와 스포츠치의학의 새로운 시대가 펼쳐질 것이다.

지금까지 치과의사들이 인상채득과 석고모형제작과정을 통한 마우스가드 제작방식에 주목하였다면, 앞으로 펼쳐질 구강스캐너를 이용한 석고모형 없이 구강내 장치 및 마우스가드를 제작하는 제조방식의 변화뿐만 아니라, 데이터가 자산이 되는 새로운 시대에 발맞추어 데이터의 획득 편집 가공 분석에 더욱 더 많은 관심을 기울여야 하며, 새로운 소재와 제작기술, 그리고 데이터 분석기술을 활용하여 전문운동선수와 생활체육인의 개별적 특성과 요구를 만족시키는 맞춤형 마우스를 제공하도록 노력하여야 할 것이다.

참 고 문 헌

1. 이수영, 조영민, 박준서, 류재준. 마우스가드 착용이 생활체육 운동선수의 최대근력에 미치는 영향. 대한스포츠치의학회지. 2015;6(1):34-40,
2. Gay-Escoda C, Vieira-Duarte-Pereira DM, Ardevol J, Pruna R, Fernandez J, Valmaseda-Castellon E. Study of the effect of oral health on physical condition of professional soccer players of the Football Club Barcelona. Med Oral Patol Oral Cir Bucal. 2011 May 1;16(3):e436-9.
3. Takeda T, Ishigami K, Hoshina S, Ogawa T, Handa J, Nakajima K, Shimada A, Nakajima T, Regner CW. Can mouthguards prevent mandibular bone fractures and concussions? A laboratory study with an artificial skull model. Dent Traumatol. 2005 Jun;21(3):134-40.
4. Liang K, Carmone S, Brambilla D, Leroux JC. 3D printing of a wearable personalized oral delivery device: A first-in-human study. Sci Adv. 2018 May 9;4(5):eaat2544.
5. Farrington T, Onambele-Pearson G, Taylor RL, Earl P, Winwood K. A review of facial protective equipment use in sport and the impact on injury incidence. Br J Oral Maxillofac Surg. 2012 Apr;50(3):233-8