

임플란트 드릴의 절삭력 특성 분석 Analysis of Cutting Force for Implant Drilling

*윤용훈¹, 전동혁¹, #황준¹

*Yong-Hun YUN¹, Dong-Hyuk JEON¹, #Joon HWANG¹

¹충주대학교 항공·기계설계학과

Key words : Implant drilling, Cutting force, Finite element analysis, Biological engineering, Mandible

1. 서론

최근, 우리나라는 빠른 시간내에 고령화 사회로의 진입이 현실화됨에 따라 치과 치료가 증가하고 있으며, 그 중에서도 임플란트(implant) 시술이 증가하고 있다. 임플란트 시술은 치의학 분야로서 임상과 경험에 기초하여 수행되어 왔으나, 최근 국내 임플란트 드릴에 대한 국산화 개발이 이루어지기 시작하면서 보다 체계적인 개발 방법론의 확립에 관심이 커지고 있다. 생체공학(biological engineering)적인 측면에서 유한요소법을 적용한 임플란트 드릴링에 대한 연구가 활발히 이루어지기 시작했으며, 치의학과 기계공학의 기술접목을 통한 다양한 연구가 시도되고 있다¹⁾.

치아의 주된 기능은 저작기능이며, 치아의 손실 등으로 그 기능을 잃게 되었을 때 영양섭취에 어려움을 겪게 되며, 치아결손으로 인한 외관상, 심미적인 측면에서의 문제점을 극복하기 위해 임플란트 시술을 통해 상, 하악골에 드릴링과 나사가 있는 인공치아를 갖도록 한다.

하악골(mandible)(Fig.1)의 단면을 절단하여 자세히 관찰해 보면, Fig.2 에 나타낸 바와 같이 치밀골(cortical bone)과 해면골(trabecular bone)로 구성되어 있는 것을 알 수 있다. 통상적으로 치밀골은 약 5mm 이하의 두께를 가지고 있으며, 해면골은 매우 불규칙하게 공공(void)를 많이 갖는 성근 조직 특성을 나타내고 있다.



Fig. 1 Configuration of mandible bone sample of animal (dog)



Fig. 2 Cross section of mandible bone sample consists of cortical section and trabecular section

실제로 턱뼈의 형태와 크기는 물론, 조직 특성이 사람마다 모두 다르며, 이를 엑스레이 촬영을 통해 그 형상을

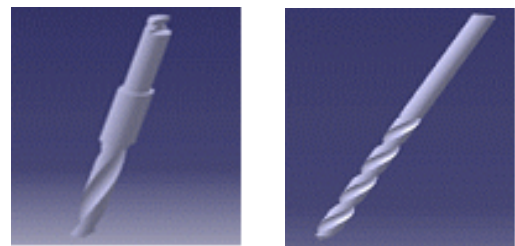
고려해 임플란트 드릴링 시에 치과주치의에 의한 경험에 의해 시술이 이루어질 수 밖에 없다.

향후, 로봇수술과 같은 형태의 임플란트 시술을 위해서는 임플란트 드릴링 시 절삭특성을 분석하고, 이를 바탕으로 최적의 시술조건과 임플란트 드릴 설계에 필요한 자료들을 확보할 필요가 있다.

따라서 본 연구에서는 임플란트 드릴링시 발생하는 드릴링 절삭력을 측정할 수 있는 모니터링 시스템을 구성하고, 이를 이용하여 임플란트 드릴링 조건 변화에 따른 절삭력의 거동특성을 분석, 이해하고자 하였다. 또한, 측정된 절삭력은 임플란트 드릴의 변형 정도를 유한요소해석을 통해 예측하는데도 활용하였다.

2. 실험장치 구성

본 연구의 임플란트 드릴의 드릴링 특성을 고찰하기 위하여 사용된 드릴은 Fig.3 에 나타낸 바와 같이, 오스템사의 MS 트위스트 드릴(직경 2.3mm, 길이 42mm)와 일반 HSS 2 날 트위스트 드릴을 사용하였다.



(a) MS twist drill (b) HSS twist drill

Fig. 3 Configuration of tested drill for implant drilling

또한, 절삭조건은 Table 1 에 나타낸 바와 같이, 3 축 머시닝센터(Mynx400)를 이용하였으며, 임플란트 드릴링용 하악골 샘플을 고정할 수 있는 지그를 제작하여 공구동력계(Kistler, 9257B) 상에 조립하여 드릴링 절삭력을 측정할 수 있게 하였다. 측정된 절삭력신호를 수집하기 위해 5019 Charge amp.와 A/D Converter 와 Labview(National Instrument)를 이용하여 실시간 모니터링 시스템(Fig.4)을 구성하였다.

Table 1 Experimental conditions

Conditions	Values
Cutting speed(rpm)	900~1500
Feed rate (mm/min)	30~70
Overhang length of drill (mm)	30
Tool material	MS Implant drill, HSS Drill

3. 실험결과

임플란트 드릴링 절삭력 측정시스템에 의해 모니터링된 절삭력(Fig.5)은 임플란트 드릴이 치밀골 부위를 관통할 때 최대가 되며, 이후 해면골을 절삭되면서 감소한다. 특히, 해면골 내부에는 공공(void)가 존재하며, 해면골까지의 거리는 약 10mm 이내이다.



Fig. 4 Configuration of mandible bone sample fixture and tool dynamometer assembly set for implant drilling force monitoring

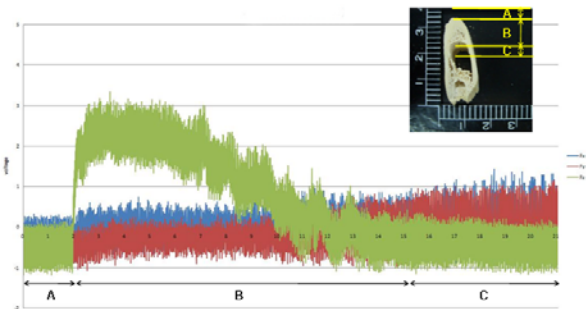


Fig. 5 Measured implant drilling cutting force variation with respect to mandible section position

절삭속도(900rpm~1500rpm), 이송속도(30~50mm/min) 조건에서 얻어진 임플란트 드릴링 추력은 약 1.5N ~ 3.5N 으로 측정되었다(Fig.6, Fig.7). Fig.8 에는 측정된 절삭력의 X 축 성분과 Y 축 성분을 이용하여 orbital plot 을 그린 결과로서, 이는 임플란트 드릴이 절삭중에 변형되고 있음을 나타내는 결과로서, 유한요소해석(Catia GPS, TE4 830 elements) 을 이용하여 드릴의 변형형상을 예측한 결과를 Fig.9 에 나타내었다. 그림에서 알 수 있듯이 임플란트 드릴은 X, Y, Z 축으로부터 가해지는 절삭력에 의해 휨이 발생되며, MS twist 드릴의 경우, 최대 0.013mm 이 X 축과 Y 축의 합력 방향으로 발생함을 확인할 수 있었다.

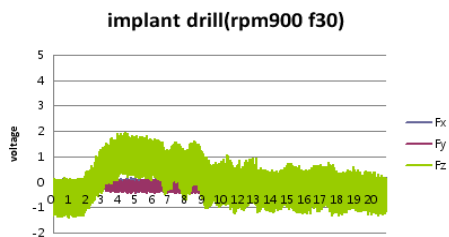


Fig. 6 Measure implant drilling cutting force (MS twist drill, s=900rpm, f=30mm/min)

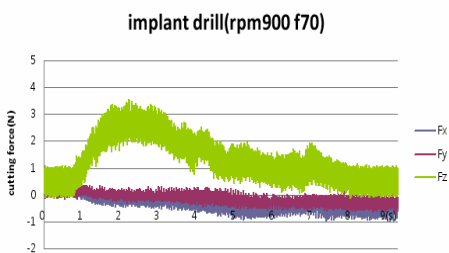


Fig. 7 Measure implant drilling cutting force (MS twist drill, s=900rpm, f=70mm/min)

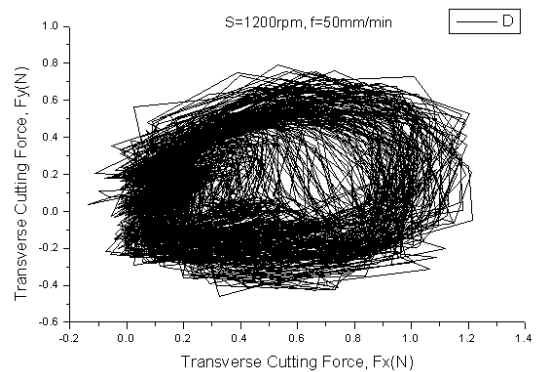
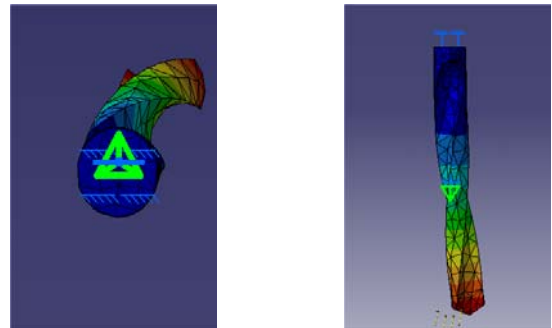


Fig. 8 Orbital plot of implant drilling cutting for transverse cutting force (Fx) vs. transverse cutting force (Fy)



(a) deformation on X-Y plane, (b) deformation on X-Z Plane

Fig. 9 Finite element analysis result of implant MS twist drilling deformation with respect to drilling cutting force variation

4. 결론

본 연구에서는 임플란트 드릴링 절삭력을 측정할 수 있는 시스템을 구성하여 절삭조건 변경에 따른 절삭력 특성 분석을 실시하였으며, 실험에서 얻어진 절삭력 성분을 이용하여 유한요소해석을 실시함으로써 임플란트 드릴의 변형특성과 드릴의 응력분포를 예측할 수 있었다.

1. 절삭속도(900rpm~1500rpm), 이송속도(30~50mm/min) 조건에서 얻어진 MS twist 드릴링 추력은 약 1.5N ~ 3.5N, HSS type 드릴링 추력은 약 3.1N~4.3N 이 발생함을 측정, 확인할 수 있었다.

2. 측정된 절삭력을 적용하여 유한요소해석에 의해 임플란트 드릴의 변형량을 예측한 결과, MS twist 드릴은 최대 0.013mm 의 드릴 변형이, HSS twist 드릴은 0.00623mm 의 변형이 발생함을 예측하였다.

참고문헌

1. Misch, C. E., "Contemporary Implant Dentistry," 2th Ed, Missouri, Mosby, 1999.
2. Ikeue Dazuohga, Hurui Danino, "Present of Soft Tissue Management for Immediate Implant Placement," Quintessence, Vol.9, No.10, 155-163, 2005.
3. Ken Akimoto, Tomas Junge, "The Art and Science of Immediate Implants," Quintessence, Vol.11, No.5, 15-31, 2006.
4. Paszenda, P, Basiaga, M., "FEM Analysis of Drills Used in Bone Surgery," Archives of Materials Science and Engineering, Vol.36, Issue 2, 103-109, 2009.
5. OSSTEM Implant System, OSSTEM, 2008.