

강성구조를 갖는 RCM 매니플레이터 설계에 관한 연구 A Study on Design of Stiffness Structure for RCM Manipulator

*박건후¹, 문종현¹, #정상화²

*G. H. Park¹, J. H. Moon¹, #S. H. Jeong(shjeong@chosun.ac.kr)²

¹조선대학교 일반대학원 기계공학과, ²조선대학교 기계공학과

Key words : Dental Implant, RCM Manipulator, Assistant Robot, Finite Element Analysis, Vibration Analysis

1. 서론

치과용 임플란트 시술의 성공여부는 정확한 사전시술 계획의 수립뿐만 아니라 수술단계에서 치과외사의 시술 수행능력도 영향을 미친다. 독일의 하이델버그(Heidelberg)대학에서는 치과용 임플란트 시술에 로봇을 도입하였다.¹ 로봇이 의사의 역할을 완벽하게 수행할 수는 없지만, 시술을 보조함으로써 보다 안정적이고 신속한 시술이 가능하다. 임플란트 시술시 발생할 수 있는 드릴의 진동, 의사의 손떨림, 환자의 움직임, 의사의 피로도 및 비숙련도 등은 시술계획과는 무관하게 임플란트 시술의 정확도를 떨어뜨린다. 임플란트 시술에서 보다 완벽하고 안정적인 시술을 위해서는, 로봇을 도입하여 보조 역할을 한다.

본 연구에서는 턱뼈에 임플란트 보철 식립시 설계된 기구부에 전달되는 변화를 구조 해석과 진동해석을 통해 강체에 미치는 영향에 대하여 시뮬레이션하였다.

2. RCM manipulator

Fig. 1의 구조로 설계한 RCM manipulator는 드릴 팁의 위치를 유지하면서 각도 조절을 구현하기 위하여 이중평행사변형 기구부를 도입하였다.

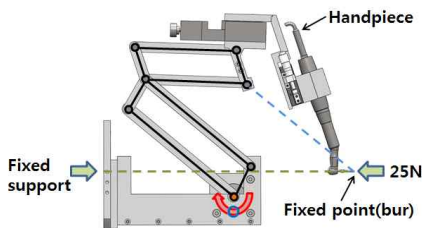


Fig. 1 RCM manipulator

O점에 설치된 스텝 모터로 링크의 회전운동을 발생시켜 평행사변형의 각도 변화는 핸드피스의 끝점을 유지하면서 고정점(bur)의 각도 변화를 유발한다.²

3. 구조해석

가상 중심 기구부는 드릴링 하는 방향에 대한 흔들림이 없어야 하고, 드릴링 작업에 대한 충분한 강성(Stiffness)을 가져야한다. 설계 데이터를 검증하기 위한 유한요소해석(Finite Element Analysis)의 입력 조건을 Table 1에 나타내었다. 임플란트 식립을 위한 드릴링 과정을 해석하는 경우, 정형외과에서는 20~120N의 초기 하중이 사용되고, 치과의 경우에 1.5~24N이 일반적으로 사용된다.³

Table 1 Input condition for FEA

Properties of Aluminum - 6061				
Density	Young's modulus	Poisson's ratio	Tensile yield strength	Tensile ultimate strength
2700kg/m ³	690GPa	0.33	276MPa	310MPa
Mesh				
Type	Nodes	Elements		
Solid	106,554	57,005		
Boundary condition, Initial condition				
Mass	Load	Constraint		
7.6kg	25N	Fix		

Table 2 Result of static structural analysis

Equivalent elastic strain	Equivalent stress	Total deformation
2.2402e-004m/m	44.804MPa	0.2568mm

가상중심 기구부의 응력분포 및 변형률을 측정하고, 구조해석 결과를 Table 2에 정리 하였다. 응력 분포 및 변형률 그리고 변위는 Fig 2에 나타내었다. 그 결과 핸드피스 헤드부분에서 최대응력이 관측되었고, 변형은 0.26mm이하로 발생되었으며, 변형률은 2.2402e-004mm/mm로 매우 작다.

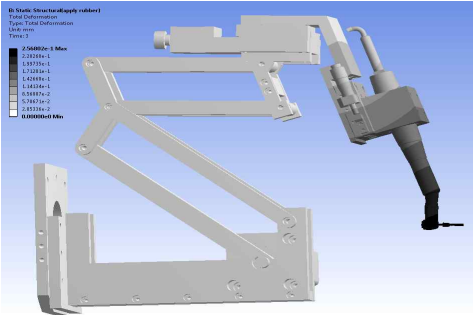


Fig. 2 Static structural analysis of RCM manipulator during drilling process

4. 진동해석

임플란트 수술시 드릴링 작업은 일반적으로 직경이 작은 드릴부터 시작해서 점차 직경을 키워 턱뼈에 드릴링을 한다. 이때 드릴의 직경이 클수록 드릴의 회전속도를 낮춘다. 과도한 회전수는 드릴링 과정 중에 턱뼈의 열로 인한 피사를 일으킬 수 있으므로 20~1500RPM 사이에서 사용한다.⁴ 핸드피스의 진동이 기구부에 미치는 영향을 알아보기 위하여 조화진동해석을 수행하였다. 핸드피스의 회전수의 범위는 600~3600RPM로 가정하고 드릴의 끝점에 25N의 초기하중을 가하여 임플란트 드릴링 작업환경과 비슷한 조건을 주었다.

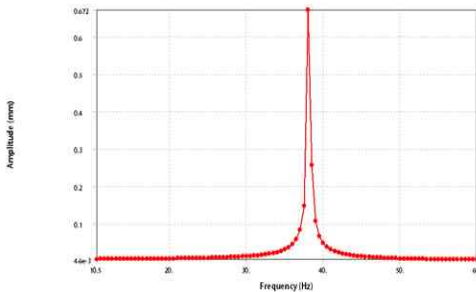


Fig. 3 Results of harmonic analysis

핸드피스의 RPM에 따른 주파수 응답을 Fig. 3에 나타내었다. 해석결과 35~40Hz 구간에서 공진이 발생함으로 사용환경(0.3~25Hz)에서는 안정하다.

5. 결론

SolidWorks로 설계된 기구부를 검증하기 위해서 ANSYS로 구조해석과 조화진동해석을 수행하였다. 25N의 초기하중으로 구조해석을 실행하였을 때 최대 변형률은 2.2402e-004m/m이고, 임플란트 수술시 사용하지 않는 드릴의 회전수 35~40Hz 구간에서 공진이 일어남을 확인하여 시뮬레이션 상에서 설계를 검증하였다.

후기

본 연구는 산업자원부 지정 조선대학교 치과용 정밀 장비 및 부품 지역혁신센터의 연구비 지원에 의해 연구되었음.

참고문헌

1. Brief, J., Hassfeld, S., Boesecke, R., Volele, M., Krempien, R., "Robot assisted Dental Implantology," International Poster Journal, **4**, 109, 2002
2. Y. H. Park, S. H. Jeong, "A Study on the Vibration of Handpiece of Assistant RCM manipulator for Dental Implant Surgical Operation," KSMPE, **11**, 103, 2011
3. Chacon, G. E., Bower, D. L., Larsen, P. E., McGlumphy, E. A. and beck, F. M., "Heat Production by 3 Implant Drill Systems After Repeated Drilling and Sterilization," J. Oral Maxillofac Surg., **64**, 265-269, 2006
4. Bachus, K. N., Rondina, M. T., Hutchinson, D. T., "The effects of drilling force on cortical temperatures and their duration: an in vitro study," Medical Engineering & Physics, **22**, 685-691, 2000