

## 고관절 재치환술시 재료의 응력과 변형률의 비교 분석

심동혁\*(경희대 대학원 기계공학과), 김정훈(경희대 대학원 기계공학과),  
고석훈(경희대 대학원 기계공학과), 김경훈(경희대 대학원 기계공학과),  
김대열(경희대 기계공학과), 최명진(경희대 테크노공학대학)

### Comparative Analysis of the Stress and Strain of Material for Revision Total Hip Replacement

D. H. Shim(Mech. Eng. Dept., KHU), J. H. Kim(Mech. Eng. Dept., KHU),  
S. H. Ko(Mech. Eng. Dept., KHU), K. H. Kim(Mech. Eng. Dept., KHU),  
D. Y. Kim(Mech. Eng. Dept., KHU), M. J. Choi(Mech. Eng. Dept., KHU)

#### ABSTRACT

According to development of medical science and engineering, people has made efforts to solve the discomfort of body accident as well as the life span. Many cases that reduce pain of a hip joint or limitation of motion using Revision Total Hip Replacement are getting increased. However it has not proved which material is the most appropriate. Scientists are still studying about materials of the artificial joint. In accordance with advance of science, the materials are getting better. Recently, when Revision Total Hip Replacement is performed, typical materials sre Ti-alloys Ceramics. We have studied materials of artificial joints and analyzed which one is better for human's body.

**Key Words** : Finite element alalysis(유한요소해석), Artificial joint(인공관절), Revision total hip replacement(고관절 재치환술)

#### 1. 서론

고관절 재치환술(Revision total hip replace-ment)이란 고관절이 여러 원인에 의하여 손상되어 고관절의 통증이나 관절 운동 제한, 그 외에 걸음걸이가 힘들 때, 이러한 관절을 제거하고 인공재질로 된 관절로 바꾸어주는 수술을 말한다. 기본적인 재질은 티타늄합금과 세라믹 합금의 특수제품이 사용되고 있으며 무엇보다 중요한 것은 인체 내에서 어떠한 독성 작용 없이 반영구적으로 사용할 수 있는 강도를 지녀야 하고 인체와의 화학반응을 일으키지 않아야 한다는 것이다.

본 연구에서는 고관절 재치환술에 보편적으로 사용되는 인공 관절의 재료들 중 대표적인 금속재료인 티타늄합금과 세라믹합금으로 제작된 모델을 단순화하여 각각 다른 하중에 대하여 인공관절의 응력과 변형률을 공학적으로 예측하는 것이다. 유한요소법은 다양한 분야의 문제를 취급할 수 있으나, 유한요소해석을 가장 많이 활용하고 있는 분야는 구조해석 분야이다. 많은 구조물은 어떤 하중을 충분히 견딜 것이 요구된다. 때문에 기계적요소를 포함하는 모든 고관절 재치환술 재료에 있어서 어떤 하중조건 하에

서의 응력과 변형을 예측하는 것이 중요한 연구 목표가 된다. 유한요소해석으로 얻어진 정보는 인공관절 재료선택에 있어서 의사결정에 이용할 수 있다.

#### 2. 연구내용

유한요소해석(Finite element analysis)이란, 유한요소법(Finite element method)이라고 하는 수치해석법을 이용하여 공학해석을 하는 것이다.

인공관절에 작용하는 응력과 변형률을 알기 위해 유한요소 방정식을 적절히 결합시킬 수 있는 ANSYS Code를 사용하였다.

생체용 재료는 발암성 등의 독성이 없어야 하는 것이 무엇보다 중요하고, 다음으로 인장강도, 탄성률, 내마모성, 피로강도 등의 기계적 성질이 우수해야하며 또한 인체 내의 부식환경 속에서 견딜 수 있는 내부식성을 갖추어야 한다. 이에 따른 생체용 금속재료는 스테인레스강, 코발트계합금, 티타늄 및 티타늄합금 등이 있다. 본 연구에서는 고관절 재치환술시 가장 많이 사용되는 티타늄합금을 사용하였다.

세라믹은 경도가 높고 녹는점이 높으며 전기와 열에 대한 전도가 낮다. 이 물질은 유연성이 없고 상

온에서 점진적인 변형이 거의 일어나지 않고, 미세한 부서짐에 대해 예민하여 변형이 일어나는 대신에 골절과 파괴가 발생한다는 단점이 있다. 이런 단점에도 불구하고 세라믹은 골과의 부착력이나 융합이 아주 좋으며 관절면에 사용시 마모를 감소시킬 수 있고 마모가 발생하여도 중합체나 금속보다는 훨씬 골유해가 적게 일어난다는 장점이 있다.

티타늄과 세라믹의 인공 관절 모두 같은 모델링을 생성하고, 재료를 평가하기 위하여 각각의 모델들을 같은 구속조건, 하중조건 등의 똑같은 경계조건 하에서 적용시킨 다음, 유한요소해석을 통하여 인공관절 목 부위의 유효응력을 평가하였다.

### 3. 연구 결과

하중에 따른 응력분포와 변형률의 변화를 Fig 1 과 2에 나타내었다. 조사한 인공관절은 2002년 통계

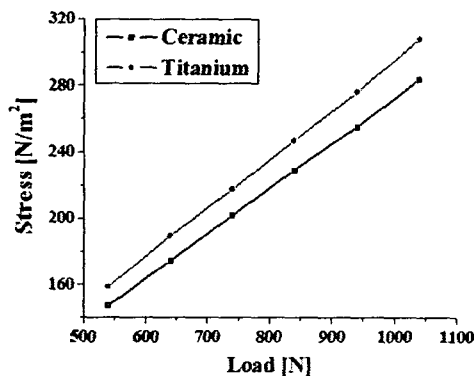


Fig. 1 Stress profiles Load

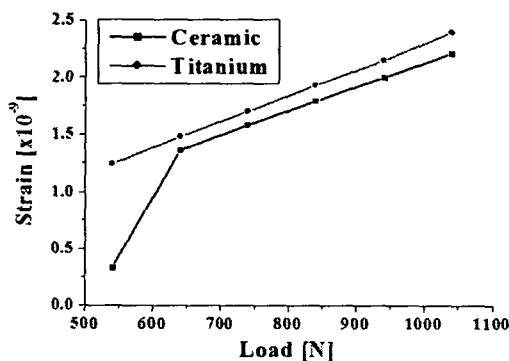


Fig. 2 Strain profiles by Load

자료를 근거로 17세 청소년의 표준체중을 기준으로 하여, 약 55Kg(540N)을 초기 하중으로 주었다. 그 후, 고관절 재치환술이 여러 몸무게를 가진 환자들에게 적용되는 수술이므로 대퇴부에 작용하는 하중

을 약 10Kg(100N)씩 늘려나갔다. 탄성계수는 티타늄 합금에서  $E=100Gpa$ , 세라믹 합금에 대해서는  $E=380Gpa$ 을 주었으며, 두 재료 모두 Poisson Ratio  $\nu=0.3$ 을 주었다. Fig 1과 2에서 나타낸바와 같이 표준체중에서 조금씩 과체중이 될 수록 응력 변화와 변형률 모두 일정하게 변화되었다.

### 4. 결론

유한요소해석을 통하여 분석하여 본 결과 두 재료의 응력과 변형률은 인공관절로 사용하는 것에는 큰 차이가 없는 것으로 나타났다.

티타늄은 제작시 좋은 품질을 만드는 것이 용이하고 미세한 선이나 흠이 발생하면 바로 부서지지 않는다는 점이나 탄성계수가 작아서 충격흡수 능력이 높다는 점 등이 있으나, 세라믹은 표면 경도가 높아 즉 표면이 아주 매끄러워 마모의 발생이 적고 굽힘에 대한 저항도 매우 높을 뿐 아니라 마찰계수가 낮고 오랜 기간 인체 내에 있어도 표면이 안정된다는 장점이 있으므로 생체용 재료로서 세라믹합금이 더 많이 사용된다.

앞서 언급했지만 생체용 재료는 인간의 생명과 건강을 증진시키기 위한 목적이므로 연구개발과 보철물(implant)로 활용시 안정성에 세심한 주의가 요구된다.

### 참고문헌

1. 태성에스엔이, "유한요소해석 입문과 선형해석" pp. 145~167, 2003.
2. 백영남, 신용의, 정남용, 정승부, 정재필, "신소재 공학", pp. 123~154, 2003.
3. Silver, Frederick H. Biomaterials, "Medical devices, and Tissue Engineering", pp65-102, 1994.
4. Darel E. Hodgson, Ming H. Wu, Rober J. Biermann, "Shape memory alloys", pp 12~20, 2001.
5. 구남서, 권영우, 김위대, 박훈철, 조맹효, 박정선, "유한요소 해석", pp 167-191, 2004