

다축 척추경 나사못의 고정나사 조임토크에 따른 나사못 시스템의 정적 특성 분석 Analysis of Static Properties of Polyaxial Pedicle Screw System according to Tightening Torque

*박원만, #김윤혁

*W. M. Park, #Y. H. Kim(yoonhkim@khu.ac.kr)

경희대학교 기계공학과

Key words : Polyaxial pedicle screw, tightening torque, static properties

1. 서론

척추 고정술은 요추부위 질환의 수술적 치료방법 중 가장 일반적인 방법이다. 척추 고정술에서는 추간관 혹은 추체의 위치에 케이지를 삽입하고, 케이지 주위를 나사못과 금속봉을 이용하여 고정시키는 수술방법이다. 척추 고정술에 사용된 척추경 나사못(pedicle screw)는 1959년 Boucher[1]가 척추경을 통하여 추체로 나사못을 삽입한 이래 Roy-Camille 등[2], Krag 등[3]에 의하여 발전되었다. 척추경 나사못은 나사못 머리 부분의 형태 및 결합 구조에 따라, 나사못이 소켓에 고정되어있는 단축 척추경 나사못(monoaxial pedicle screw)와, 나사못이 소켓에 볼 조인트로 연결되어 자유롭게 회전이 가능한 다축 척추경 나사못(polyaxial pedicle screw)로 구분된다. 단축 척추경 나사못은 나사와 나사머리가 하나의 부품으로 되어있어, 굴곡이 있는 척추에 시술시 간봉(rod)을 억지로 굽힌 후 척추경 나사못에 연결해야하는 어려움이 있다. 반면 다축 척추경 나사못은 나사와 나사머리가 각기 다른 부품으로 볼 조인트로 결합되어, 나사머리에서 나사의 각도 조절이 유리하다. 이러한 이유로 최근 다축 척추경 나사못의 사용이 증가하고 있는 추세이다. 하지만, 다축 척추경 나사못은 나사와 나사못 머리 사이의 결합 형태가 매우 복잡하기 때문에 단축 척추경에 비해 강도가 상대적으로 낮은 것으로 알려져 있다[4].

기존의 연구 결과에 따르면, 다축 척추경 나사못을 사용한 보형체의 경우 주로 나사와 나사머리 부분을 이어주는 볼조인트에서의 미끄러짐 현상이 역학적 문제점으로 지적되고 있다[4, 5]. 볼조인트에서의 미끄러짐은 고정나사(set screw)의 조임토크(tightening torque)에 따라 달라질 수 있다. 이로 인하여, 나사못 시스템의 정적 특성은 조임토크에 따라 달라질 수 있다. 그런데, 현재 국내외에서 사용되고 있는 다축 척추경 나사못 시스템의 조임토크는 특별한 근거없이 10Nm로 사용되고 있다. 뿐만 아니라, 조임토크에 따른 다축 척추경 나사못 시스템의 역학적인 성능 평가도 미비한 현실이다. 이에 본 연구에서는 고정 나사의 조임토크가 볼조인트의 미끄러짐 현상에 미치는 영향과 다축 척추경 나사못의 정적특성에 미치는 영향을 알아보자 하였다. 또한 이를 이용하여, 다축 척추경 나사못의 조임토크의 기준을 정립하고자 하였다.

2. 재료 및 방법

본 연구에서는 다축 척추경 나사못으로 국내업체에서 생산되고 있는 Novel III (Medyssey Co., Korea) 추간체 고정 보형체를 사용하였다. 이를 이용하여 미국재료시험협회에서 제안한 추간체 고정 보형체 시험법인 ASTM-F1717의 시험규격과 방법에 따라 정적 압축굽힘시험(Static compression bending test)을 수행하였다[6]. Novel III는 그림 1과 같이 다축 척추경 나사못(그림 1(a)), 고정나사(그림 1(b)), 간봉(그림 1(c))으로 구성되어 있으며 모든 요소는 티타늄 합금(titanium alloy)으로 이루어져 있다. 추간체 고정 보형체 각 요소를 고정하기 위해 초 고분자 폴리에틸렌(UHMWPE)으로 인공 추체를 제작하였다. 초 고분자 폴리에틸렌 테스트 블록을 ASTM F-1717에서 제시한 규격에 따라 제작하고 블록에 시편을 체결하였다(그림 1(d)). 시편의 크기(위 레벨의 스크류와 아래 레벨의 스크류 사이의 높이)는 76mm로 하였다.

정적 압축굽힘하중을 부과하기 위해 유압식 만능재료시험기 Dynamight™ 8841(Instron®, USA)을 사용하였다. 고정나사의 정확한 조임토크 값을 측정하기 위해 60Nm이하 소용량 토크렌치를

적합한 중공십자형(hollow cruciform) 구조의 토크셀을 개발하여 사용하였다. 토크렌치를 이용하여 6Nm의 조임토크로 체결된 시편을 만능재료시험기에 장착하고 ASTM F-1717 시험법에 따라 25mm/min의 속도로 압축굽힘하중을 인가하였다. 압축굽힘하중을 받는 구조물이 항복점을 지나 파괴가 일어나는 순간(하중의 변화가 40% 이상 감소하는 순간)까지 시험을 수행하였다.

압축굽힘시험을 통해 하중-변위 곡선을 얻은 후 2% 오프셋 항복하중에서의 변위(displacement at 2% off-set yield), 2% off-set 된 구조물의 압축굽힘강성(compressive bending stiffness), 압축굽힘항복하중(compressive bending yield load)를 측정하였다. 동일한 방법으로 8Nm, 10Nm, 12Nm의 조임토크로 체결된 시편에서 대하여 시험을 수행하였다. 본 연구는 조임토크에 따른 척추경 나사못의 정적 특성 변화를 분석하기 위한 초기 연구로 현재까지는 각각의 시험조건에서 하나의 시편만을 시험하였다.

3. 결과

조임토크에 따른 정적 압축굽힘시험의 결과는 그림 2와 같다. 조임토크가 커짐에 따라 구조물의 압축 굽힘 강성이 증가하였다. 12Nm의 조임토크로 체결된 시편의 강성(34.0N/mm)은 6Nm로 체결된 시편의 강성(24.9N/mm)보다 약 36% 증가하였다. 조임토크를 2Nm씩 증가시키며 강성의 변화를 살펴본 결과, 6Nm에서 8Nm로, 8Nm에서 10Nm로 조임토크가 증가함에 따라 강성이 각각 4.8N/mm, 4.8N/mm 씩 증가하였고, 10Nm에서 12Nm로 증가할 때는 0.5N/mm 증가하였다. 또한 압축굽힘 항복하중도 조임토크가 커짐에 따라 74.0N에서 409.3N까지 증가하였다. 조임토크를 6Nm에서 12Nm까지 2Nm씩 증가하는 동안에 항복하중이 151.0N, 124.3N, 60.0N 증가하였다.

4. 고찰 및 결론

본 연구에서는 척추 유합술에 사용되는 다축 척추경 나사못의 조임토크에 따른 다축 척추경 나사못의 정적 특성에 대하여 분석하였다. 조임토크의 크기가 10Nm이하에서 다축 척추경 나사못 시스템의 강성 및 압축굽힘 항복하중은 조임토크의 크기에 영향을 크게 받았다. 하지만 이러한 영향은 10Nm 이상의 조임토크에서는 상대적으로 작게 나타났다. 본 연구의 결과를 통하여, 척추경 나사못의 조임토크 크기는 척추경 나사못 시스템의 강성

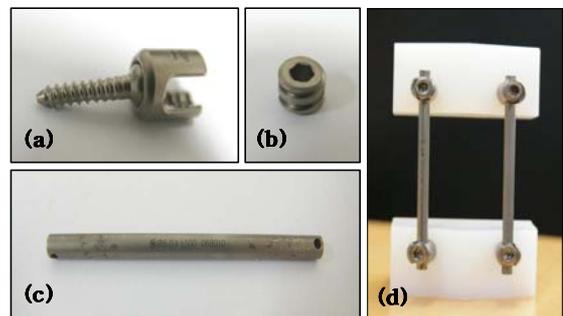


Fig.1 Constitution of Novel III spinal fixation system (Medyssey Co., Korea) :

- (a) Polyaxial pedicle screw(φ4.0×20mm)
- (b) Set screw(φ4.0), (c) Rod(φ5.5×100mm)
- (d) Novel III spinal fixation system clamped on UHMWPE block

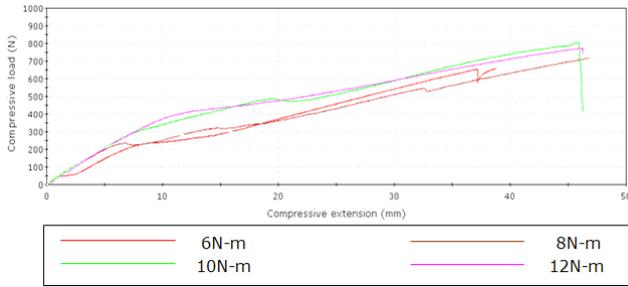


Fig 2. Results of static compression bending tests

및 압축굽힘 항복하중과 밀접한 관련이 있음을 알 수 있다. 이러한 본 연구의 결과는 다축 척추경 나사못의 조임토크에 대한 평가 기준 확립에 활용될 수 있을 것으로 판단된다.

후기

본 연구는 지식경제부 이공계전문가기술지원서포터즈사업 (안식연구년교수심층기업지원 사업)의 지원을 받아 진행되었습니다. 이에 감사드립니다. 또한, 연구에 필요한 임플란트 시편을 제공해 주신 (주)메디씨이에 감사드립니다.

참고문헌

1. Boucher, H. H., "A Method of Spine Fusion", J. Bone Joint Surg. Br., 41, 248-259, 1959.
2. Roy-Camille, R., Saillant, G., Beneaux, D. and Salgado, V., "Osteosynthesis of thoracolumbar spine fractures with metal plate screwed through the vertebral pedicles", Reconstr. Surg. Traumatol, 15, 2-16, 1976.
3. Krag, M. H., Beyond, B. D., Pope, M. H., Frymoyer, J. W. and Haugh, L. D., "An Internal Fixation for Thoracic, Lumbar or Lumbarsacral Spine", Clin. Orthop. Relat. Res., 203, 75-98, 1986.
4. Stanford, R. E. and Loeffler, A. H., "Multiaxial Pedicle Screw Designs: Static and Dynamic Mechanical Testing", Spine, 29, 367-375, 2004.
5. Fogel, G. R., Reitman, C. A., Liu, W. and Esses, S. I., "Physical Characteristics of Polyaxial-Headed Pedicle Screws and Biomechanical Comparison of Load With Their Failure", Spine, 28, 470-473, 2003.
6. "Standard Test Methods for Spinal Implant Constructs in a Vertebrectomy Model" ASTM F1717-01,04,96