

King-Moe Type II 형태의 척추측만증 유한요소 모델개발과 Harrington 장치를 이용한 교정구간에 따른 효과 분석

정치호*(홍익대학교), 박경렬(단국대학교 대학원), 최형연(홍익대학교),
김영은(단국대학교)

주제어 : 척추측만증, King-Moe Type II, 유한요소모델, Harrington 장치, 교정구간

특발성 측만증(Idiopathic scoliosis)은 관상면(coronal plane)상의 이차원적 변형이외에 추체의 회전(rotation of vertebra)변형과 함께 시상면(sagittal plane)상에서도 정상적인 만곡상태가 소실되는 3차원적인 변형이다. 또한 추체와 늑골과 사이의 상호연결 작용 등으로 인한 복잡한 생체 역학적 관계를 보이고 있다. King-Moe Type II에 해당하는 측만증 교정의 경우는 주만곡의 교정정도가 보상만곡의 정도를 결정하므로 교정량을 구하기 매우 어렵다. 이를 해석하기 위하여 본 연구에서는 King-Moe Type II에 해당하는 환자의 척추, 늑골장, 쇄골 등을 모두 고려한 유한요소모델을 개발한 후 Harrington 장치를 적용하여 교정구간에 따른 효과를 분석하기로 하였다. 그림 1은 본 연구를 통해 개발된 King-Moe Type II 측만증 유한요소 모델을 보여 주고 있다.

골격계 모델은 환자의 척추체, 골반, 쇄골, 견갑골의 표면 데이터를 이용하여 3차원 재구성을 하였다. 각 골격은 강체로, 추간판은 6 자유도의 기구학적 조인트로, 늑골장은 빔 요소로, 각 인대들은 비선형 바 요소들로 모델링 되었고 척추체와 늑골간의 연결을 이루는 늑골척추관절은 6 자유도 스프링 요소로 모델링 하였다. 또한 후관절 접촉현상 등 척추체에서 발생하는 기계적 현상들을 상세히 모델링 하였다. 모델의 구속조건은 천골의 6자유도를 모두 고정시켰으며 수술시 환자가 수술대에 엎드려진 상태를 고려하여 쇄골의 전방 축 회전을 고정시켰다.

수술 기법의 교정구간은 주만곡의 상부 끝 추체(T5)에서 하부 끝 추체(T11)까지 시행되었으며, 끝 추체에서 하나 위 또는 하나 아래(T6-T10, T4-T12, T6-T12)에 이르는 교정구간의 변화를 주어 시뮬레이션하여 그 결과를 분석하였다. 본 모델을 이용한 유한요소 해석은 PAM-CRASH를 사용하여 수행되었다.

해석결과 교정 된 측만증 척추체의 모양은 모든 교정 구간에서 그림 2에 보이는 바와 같이 초기 측만증에서 많이 개선되었음을 알 수 있다. 교정 구간이 T4-T12에서 상대적으로 좋은 교정결과를 보였고 늑골 돌출고는 모든 구간에서 교정 전보다 상태가 나빠지는 것을 볼 수 있었다. 교정후 추간판에서의 반력은 교정구간을 줄인 경우보다 늘인 경우 더 나빠지는 것을 볼 수 있었고 주만곡의 추체(T5-T11)를 교정구간으로 하였을 때 추간판의 반력이 가장 적은 것으로 나타났다. 따라서 이와 같은 해석 결과는 측만증 척추 교정 시 교정부위의 결정에 고려될 사항이 될 수 있을 것이다. 본 연구는 척추체에 연결된 근육의 효과와 신경계의 조절 기능을 고려하지 않았으나 앞으로 세부적인 근육계와 신경계의 추가적인 모델링 작업이 보완된다면 교정부위와 수술 후 2 차적 변형의 판단에 전반적인 성향을 제안할 수 있을 것으로 기대된다.

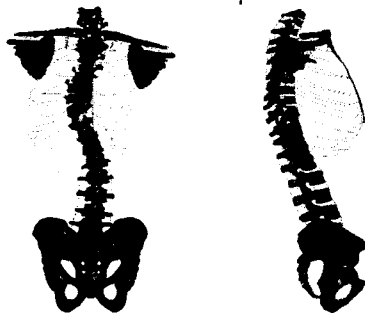


Fig. 1 Reconstructed FE model of King-Moe Type II scoliosis

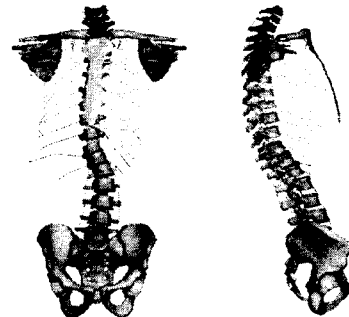


Fig. 2 Corrected configuration after harrington device simulation