

1. 척추 분절 운동범위 시험

1.1 목적

목뼈 7 개, 등뼈 12 개, 허리뼈 5 개로 구성된 각각 척추 관절의 운동 특성을 생체역학적으로 시험하여 결과를 구축하는 공정으로 척추 2 개단이 연결된 1 개 분절(척추사이 원판과 주요 인대를 포함한다)에서의 펌 / 앞쪽굽힘 / 가쪽굽힘 / 비틀림 하중에 대한 각 분절의 운동 특성을 시험한다.

1.2 시험체 준비

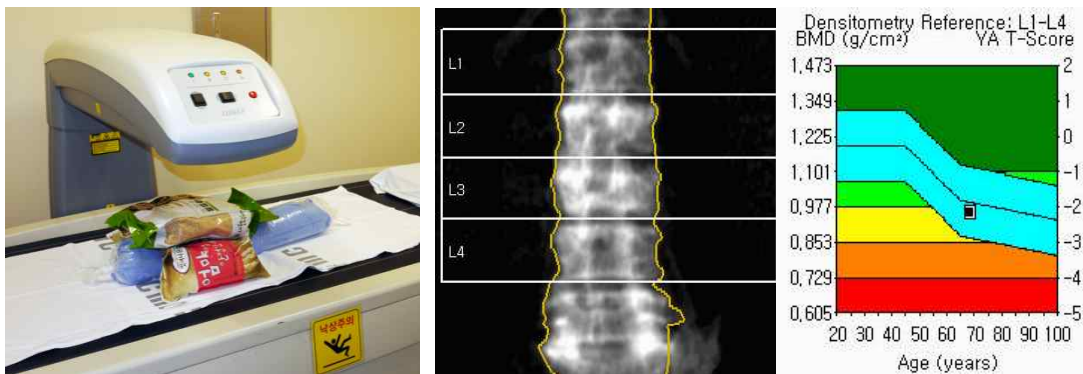
1.2.1 시험체 적출

시험에 사용될 척추 적출은 뼈 및 주요 인대가 손상되지 않게 주의해야 한다. 첫째목뼈(C1)에서 엉치뼈(sacrum) 까지 척추를 한번에 적출한다. 윗쪽으로는 바깥뒤통수뼈융기(external occipital protuberance) 부분을 절단하고, 가쪽으로는 척추 가로돌기(transverse process) 가쪽 1cm 이상 떨어진 곳의 갈비뼈(rib)를 절단한다. 아래쪽으로는 엉치뼈의 첫번째단(S1) 아래 부분을 절단한다. 단 엉치뼈는 가쪽 부분 절단시 양쪽 날개(ala of sacrum) 부분이 절단될 수 있으나 시험에 영향을 미치지 않는다.

적출한 척추에서 주요 인대를 제외한 불필요한 연조직(soft tissue) 부분을 최대한 제거한다. 보존해야 하는 주요 구조물은 척추사이원반(intervertebral disk), 섬유테(annulus fibrosus), 관절주머니(joint capsule) 앞세로인대(anterior longitudinal ligament), 뒤세로인대(posterior longitudinal ligament), 황색인대(ligamentum flavum), 가시사이인대(interspinous ligament), 가시끝인대(supraspinous ligament)이며, 등뼈의 경우 척추 관절주머니 내 구조물을 보존하기 위해 머리관절(joint of head of rib) 부분의 구조물을 추가로 보존한다. 단 갈비뼈와 가로돌기가 연결된 구조물들은 제거한다.

1.2.2 골밀도(BMD) 검사

시험에 사용할 척추의 골밀도 정도를 파악하기 위해 골밀도 검사를 실시한다. 골밀도 검사는 임상에서 실시하고 있는 허리뼈 부분의 이중에너지 X 선 흡수법 (DEXA, Dual Energy X-ray Absorption)을 적용한다. 측정된 각 허리뼈의 골밀도(T score)는 시험된 척추의 골밀도 정도를 파악하기 위해 시험 결과와 함께 제공한다.



<골밀도 검사 (DEXA)>

1.2.3 시험체 가공

척추 운동 범위 시험은 각 운동 분절에서의 굽힘-응답 특성을 시험하는 것으로 척추사이원반으로 연결된 척추뼈 2 개단으로 제작한다. 한조의 시험체에서 척추뼈 윗단과 아래단을 연결하고 있는 구조물들이 시험에 결정적인 영향을 미치게되므로 시험체를 시험기에 고정할 때 이 구조물들이 간섭을 받게되면 정확한 시험결과를 기대하기 힘들다. 또한 시험기에 시험체를 고정할 때 움직임 없는 확실한 고정을 위해서는 상단 척추뼈 윗끝판과 하단 척추뼈 아랫끝판 부분을 본시멘트(bone cement)와 같은 레진으로 확실히 고정하여 시험기에 장착한다. 운동분절의 원활한 운동을 보장하기 위해 척추몸통 높이의 절반 이하가 레진 내에 고정되도록 조절한다. 보다 확실한 고정을 보장받기 위해 몸통이나 고리 부분에 나사못을 삽입한 후 레진으로 고정할 수 있다.



(1)



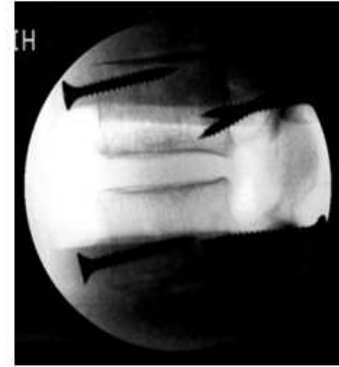
(2)



(3)



(4)



(5)

<견고한 고정을 위한 나사못 삽입과 시험기 장착을 위한 potting>

1.2.4 시험체 보관

가공된 시험체를 건조방지 처리를 한 후 영하 20 도 이하의 온도에서 냉동보관한다. 냉동 보관된 시험체 시험시 상온에서 24 시간 이상 해동 후 시험에 활용한다.

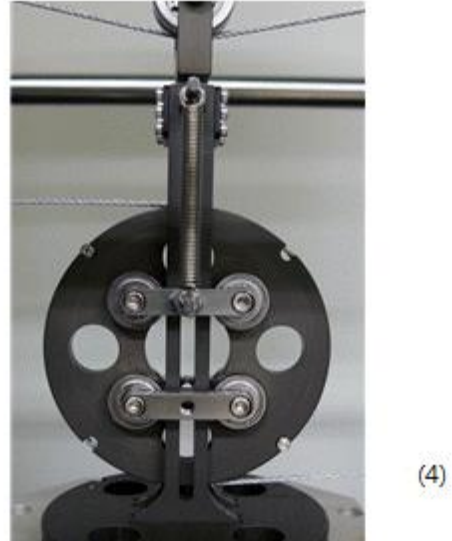
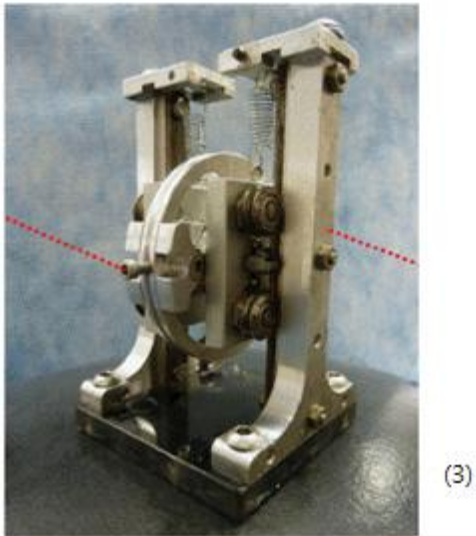
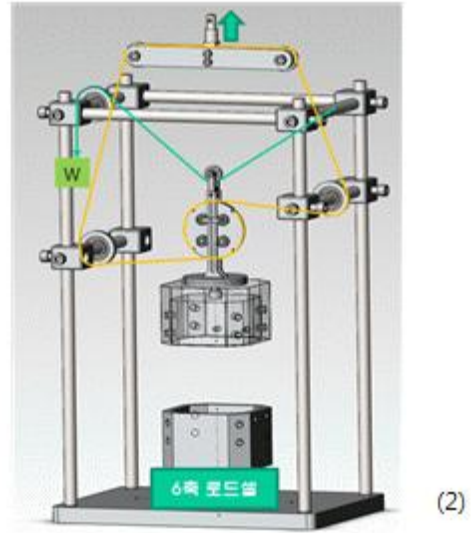
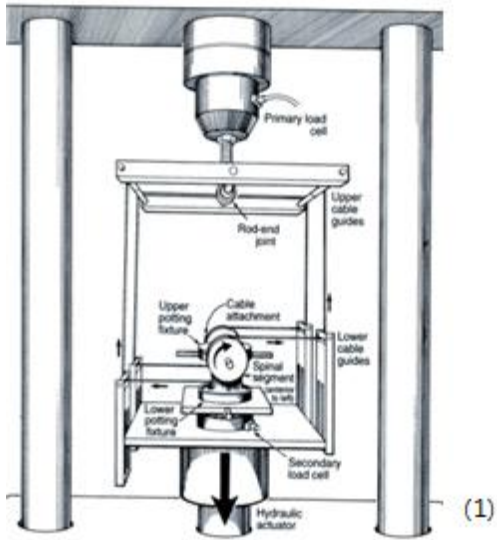
1.3 시험기 장착 및 시험

제작된 시험체는 순수굽힘하중(pure moment) 부하가 가능한 시험기를 사용한다. 시험기에 장착시 정렬에 유의하며, 장착 후 하중 부하는 앞굽힘, 펌, 왼쪽굽힘, 오른쪽 굽힘, 비틀림(시계방향, 반시계방향), 압축 하중 순으로 부하한다. 부하 하중의 크기와 각 하중단계에서의 유지시간은 아래 표와 같다. 각 하중단계에서 회전각을 기록한다. 단 압축시험의 경우 목뼈 20N, 등뼈 100N, 허리뼈 200N 을 단계적으로 부하하며 시험한다.

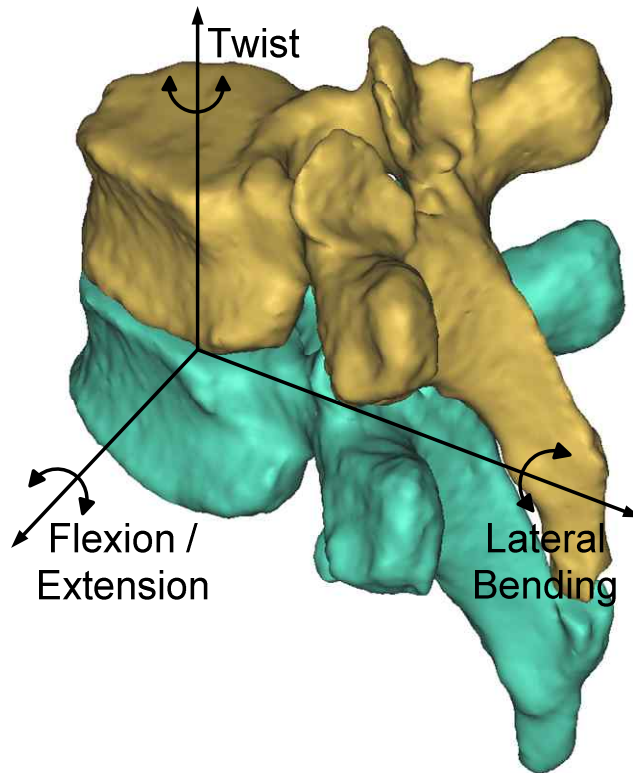
<척추 분절 운동범위 시험 조건>

적용대상	최대하중	분할 단계	유지시간	참고문헌
목뼈	1Nm – 2Nm	4	30 sec	(1)
등뼈	4(6)Nm	4	30 sec	(2)
허리뼈	8(10)Nm	4(5)	30 sec	(3)

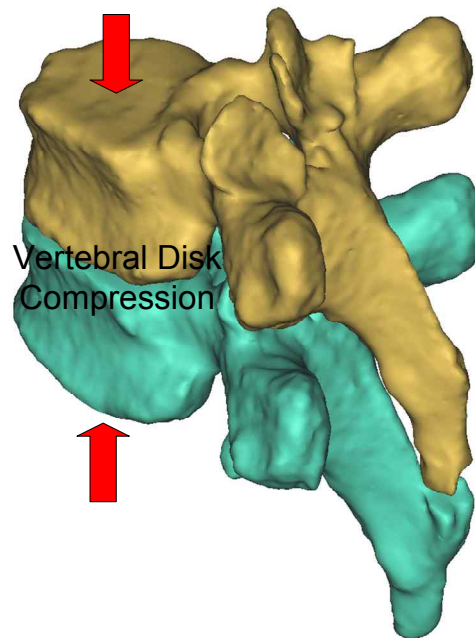
- (1) Mechanical properties of the human cervical spine as shown by three-dimensional load-displacement curves, Spine. 2001 Dec 15;26(24):2692-2700.
- (2) Mechanical properties of the human thoracic spine as shown by three-dimensional load-displacement curve , J Bone Joint Surg Am. 1976 Jul;58(5):642-52.
- (3) Three-dimensional movements of the whole lumbar spine and lumbosacral joint, Spine. 1989 Nov;14(11):1256-60.



<척추 분절의 운동범위 시험기>



<척추 분절의 운동범위 시험 (굽힘시험)>



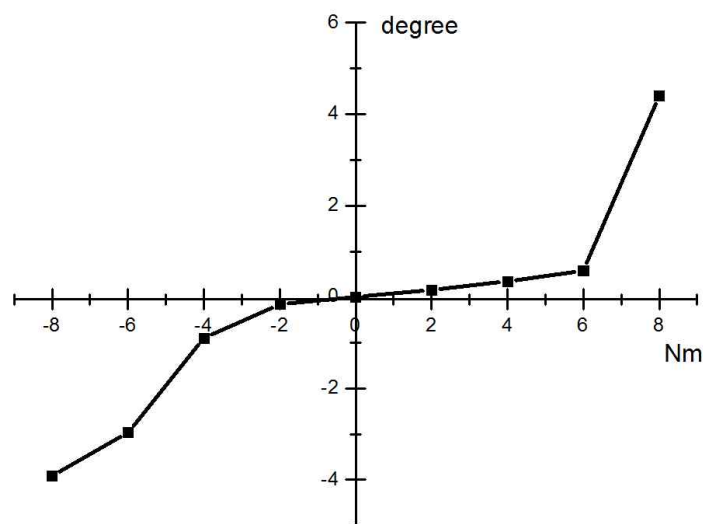
<척추 분절의 압축 시험 (척추원반 압축시험)>

1.4 시험 결과

시험 결과 각 운동 방향에 대한 응답특성 시험값을 얻게 된다. 시험 값은 텍스트 파일로 저장되며(아래 표), 필요시 그래프 형태로도 표현될 수 있다(아래 그림).

<척추 분절 시험 결과>

시험	내용	파일명 부여	비고
Flexion/Extension	펴 / 굽힘 하중 부여시 운동 특성	표본명_시험체_flex.txt	
Lateral Bending	좌-우 굽힘 하중 부여시 운동 특성	표본명_시험체_latbnd.txt	
Twist	CW, CCW 방향 비틀림 하중 부여시 운동 특성	표본명_시험체_twist.txt	
Compression	압축하중 부여시 운동 특성	표본명_시험체_comp.txt	



<시험 결과의 표현>