

등저항성 삼축 동력계(Isostation B-200)를 이용한 만성 요통 환자들의 요추부 기능 평가

장 현 진 정형외과 의원

배 성 일

The Isoinertial Assessment of Lumbar Function in Patients with Chronic Low Back Pain

Bae, Sung Il, R.P.T., M.A.

Chang Hyun Jin Orthopaedic Surgery Clinic

ABSTRACT

Objective : This study obtained normative values for variable parameters of lumbar function with the isoinertial triaxial dynamometer in patients with chronic low back pain.

Subjects and Methods : 30 patients(male 15, female 15) with chronic low back pain in this study. Variable parameters that were measured with the Isostation B-200 were lumbar range of motion, isometric maximum torques, and maximum velocities in three axis.

Results : In patient male group mean R.O.M. was 82.9 ± 12.5 degrees in lumbar rotation, 76.5 ± 17.1 degrees in lumbar flexion/extension, and 64.3 ± 14.5 degrees in lumbar lateral flexion. In patient female group mean R.O.M. was 78.4 ± 18.5 degrees in lumbar rotation, 71.7 ± 20.4 degrees in lumbar flexion/extension, and 63.2 ± 14.4 degrees in lumbar lateral flexion.

In patient male group mean isometric maximum torques was 64.7 ± 23.8 ft-lbs in lumbar rotation, 84.1 ± 42.0 ft-lbs in lumbar flexion, 122.2 ± 43.6 ft-lbs in lumbar extension, and 101.0 ± 37.0 ft-lbs in lumbar lateral flexion. In patient female group mean isometric maximum torques was 41.9 ± 9.2 ft-lbs in lumbar rotation, 49.9 ± 23.9 ft-lbs in lumbar flexion, 90.1 ± 26.8 ft-lbs in lumbar extension, and 62.0 ± 16.7 ft-lbs in lumbar lateral flexion.

In patient male group mean maximum velocity of isoinertial exercise with low (25%) resistance was 102.4 ± 28.8 deg/sec in lumbar rotation, 108.9 ± 32.2 deg/sec in lumbar flexion/extension, and 103.5 ± 30.4 deg/sec in lumbar lateral flexion. In patient female group mean maximum velocity of isoinertial exercise with low (25%) resistance was 84.1 ± 24.4 deg/sec in lumbar rotation, 93.2 ± 32.9 deg/sec in lumbar flexion/extension, and 98.5 ± 33.7 deg/sec in

lumbar lateral flexion,

In patient male group mean maximum velocity of isoinertial exercise with high (50%) resistance was $74.0 \pm 20.9 \text{ deg/sec}$ in lumbar rotation, $98.7 \pm 32.8 \text{ deg/sec}$ in lumbar flexion/extension, and $85.0 \pm 25.8 \text{ deg/sec}$ in lumbar lateral flexion. In patient female group mean maximum velocity of isoinertial exercise with high (50%) resistance was $67.3 \pm 26.4 \text{ deg/sec}$ in lumbar rotation, $82.5 \pm 31.0 \text{ deg/sec}$ in lumbar flexion/extension, and $79.7 \pm 23.9 \text{ deg/sec}$ in lumbar lateral flexion.

Conclusion : Maximum isoinertial velocities were more reliable and more significant than isometric maximum torque for the objective assessment of chronic low back pain.

I. 서 론

전체 인구의 약 85% 정도가 일생에 한 번 이상 경험하게 되는 흔한 증상으로서 요통은 그 원인과 임상 양상이 매우 다양하다. 특히, 환자의 주관적인 자각증상이라는 점으로 인하여 정확하고 객관적인 평가를 하는데 많은 문제들이 야기되어 왔으며, 아직도 이를 극복하지 못하고 있는 실정이다.

요통을 평가하는 여러 방법의 발달과정 중에서 체간, 또는 요추부의 기능적 평가는 요통으로 인한 장애의 정도를 평가할 뿐만 아니라 요추부 근력강화와 같은 보존적 치료의 보조자료로서의 중요한 역할을 하고 있다.

요추 근력의 감소가 요통과 관계되어 있다는 사실이 입증되었기 때문에 이 문제를 평가하기 위해 흔히 요추 근력 검사를 이용하고 있다.

그러나 문제 해답을 풀기 위해 항상 이 검사법들에 의존한 것은 아니다.

요추부의 기능적 평가는 1969년 Nachemson과 Lindh 등이 체간의 근력이 요통과 중요한 연관이 있다고 보고한 후 1974년 Caldwell 등이 요추부의 굴곡, 신전, 들어올리기에 대한 등척성 정적 근력을 측정하는 최초의 방법을 고안해 내면서부터 시작되었다. 이후 정적인 검사의 한계점들이 드러나고, 동적 검사의 필요성에 대한 인식이 커지면서 소위 "Iso-Divices"로 분류되는 여러 모델들이 고안되었다.

현재 요추 근력 검사에서 정적인 방식(Isometric)과 동적인 방식(Isokinetic and Isoinertial)이 모두 사용되고 있다. 동적인 방식에서 사용되는 모델은 크게 두 가지로 구분되는데, 미리 지정된 일정한 속도에서 일정범위의 운동을 통한 힘이나 우력

(Torque)을 측정하는 등속성 동력계와 미리 지정된 일정 저항 또는 부하에 대하여 피검자가 가하는 힘에 따라 속도가 변하면서 생기는 힘을 측정하는 등저항성 동력계로 분류된다. 등저항성 운동은 등장성 운동과 성격을 달리하는데, 등장성 운동은 근육의 길이가 변하면서 일정한 근력을 유지하는데 비해, 등저항성 운동은 일정한 저항상태에서 그 저항 보다 작은 힘으로 근육이 수축하면 근육의 길이가 변하지 않지만, 근육에서 발생하는 힘이 그 저항 보다 큰 경우에는 근육의 길이가 변할 뿐 아니라 저항을 초과하는 힘이 운동의 속도를 가속시키는 특성을 가진다.

실제적으로 근육은 일정한(Iso) 속도와 장력으로 수축되거나 이완되지 않는다. 따라서 Isokinetic과 Isoinertial운동은 다소 인위적인 개념이다.

1980년대 중반 이후 여러 연구들에서 등저항성 동력계를 포함한 요추부 동력계들의 신뢰도를 증명하였고, 정상인과 요통환자들을 대상으로 그 임상적 유용성 및 가치를 증명하였는데, 1990년 Szpalski 등은 동적 모델 중 등저항성 운동의 측정이 요추부 기능 판정에 있어서 가장 우월하다고 보고하였다. 그러나 인체 계측학적 변수들이 요추부 기능에 미치는 영향과 self-efficiency beliefs와 통증 및 장애 등급 등이 요추부의 동적 평가에 주는 교란들을 조절하는 방법에 대하여 논란과 부정적인 견해가 많았고, 1993년 Newton과 Waddell 등은 Iso-Divices가 요통의 일상적인 임상 평가와 의료 소송에 대한 평가수단으로써 사용하기에는 과학적 증거가 불충분하다고 보고하는 등 현재까지도 이러한 Iso-Divices타당도의 증명과 표준화가 이루어지지 않고 있는 실정이다. 또한 국내에서는 등속성 동력계를 이용한 요추부 기능평가는 많이 이루어져 있

나 아직까지 등저항성 동력계를 이용한 연구들의 보고는 한 태론 교수 외 3인의 논문 외에는 없고 이에 대한 인식 또한 매우 부족한 실정이다.

본 연구는 한 태론 교수 외 3인의 논문을 근거로 하였고, 등저항성 삼축 동력계를 이용하여 만성 요통 환자들의 요추부 기능 검사를 통해 남,여 환자들의 상관관계를 밝혀 보고자 한다.

II. 연구대상 및 방법

1) 연구 대상

2003년 3월부터 2004년 3월 까지 H병원 물리치료 센터를 방문한 6개월 이상의 유병기간을 가진 30명의 만성 요통 환자로 남자와 여자 각각 15명이며, 이들 모두는 검사 당시 급성 요통이 없었으며, 요추부 수술의 기왕력 및 중추신경계나 정신 질환이 없는 환자들이었고, 모두 독립보행과 독립된 일상 동작이 가능하였다.

2) 연구 방법

미국 Isotechnologies사의 등저항성 삼축 동력계인 Isostation B-200을 이용하였는데, 이 기기는 IBM 286 PC와 연결되어 있어 이를 통해 세 개의 축에 존재하는 유압식 펌프를 제어하여 각각 독립적으로 저항을 줄 수 있게 되어 있으며, 이미 내장된 SOFT-WARE에 의해 각 피검사자의 결과를 수집하고 처리할 수 있게 되어 있다.

검사 시행 절차로는 Isostation B-200 에 직립자세로 선 상태에서 가슴대, 어깨끈, 골반대 등을 이용하여 환자의 체간 중 요추부만 자유롭게 움직일 수 있도록 고정한 후, Rotation, Flexion/Extension, Lateral Flexion을 무저항 상태에서 2회 R.O.M. 운동을 측정한 후, 모든 축을 고정시킨 상태에서 각 방향마다 등척성 최대 근력을 1회에 5초씩 각각 2회에 걸쳐 측정하였고, 측정된 등척성 최대근력의 각각 25%, 50%의 저항을 각 운동방향에 걸어서 5회씩 최대로 빠른 속도로 관절 가동범위의 등저항성 운동을 측정하였는데, 이때에는 각 운동면의 5회 운동이 끝나면 1분씩 휴식하도록 하였다. 그런 다음 다시 무저항 상태에서 각 운동방향으로 R.O.M.을 2회씩

측정하였고, 마지막으로 등척성 최대 근력의 50%, 25%의 저항을 각 운동면마다 걸어서 최대한 빠른 속도로 각 운동면마다 5회씩 관절가동범위의 등저항성 운동을 측정하였다. 이때에도 각 운동면의 5회 운동이 끝나면 1분씩 휴식하도록 하였다.

검사시에, 피검사자는 자신의 최대한의 능력을 발휘하도록 하였으며, 피검사자 모두 실패없이 검사를 마쳤다.

본 연구에서 비교 분석한 Isostation B-200의 측정 지표 들은 첫째, 세 축(Rotation, Flexion/Extension, Lateral-Flexion)에서의 R.O.M. 둘째, 세 축에서의 등척성 최대 근력, 셋째, 등저항성 운동시 25%의 저(低)저항 상태와 50%의 고(高)저항 상태에서의 요추부 근육의 최대 운동 속도 등으로 이루어져 있다.

III. 결과

검사 대상자들의 평균 연령은 남자 40.2세, 여자 39.2세로 유의한 차이가 없었으며, 신장은 남자 5.6ft, 여자 5.1ft로 유의한 차이가 없었으며, 체중의 경우에 있어서도 남자 159.4lbs, 여자 115.6lbs로 유의한 차이가 없었다. (표 1)

표 1. 요통환자의 일반적 특성

	남	여
수 (명)	15	15
나이 (세)	40.2	39.2
신장 (ft)	5.6	5.1
체중 (lbs)	159.4	115.6

1) 여러 측정 지표들의 성별 분포

연령별 요추부 관절운동범위를 보면, 회전운동 및 굴곡/신전운동 그리고 측굴운동 모두에서 남녀간의 차이가 없었다.

최대 등척성 근력을 보면, 남녀 모두 신전근, 측굴곡근, 굴곡근, 회전근의 순이었지만, 신전근과 측굴곡근의 최대 등척성 근력이 굴곡근 및 회전근 보다 의미 있게 큰 것으로 나타났으며, 남녀간의 차이는 통계적으로 유의하였다.

최대 등척성 근력의 25%에 해당하는 저항을 준 상태에서 시행한 등저항성 운동의 최대속도를 보면, 남자의 경우 굴곡/

신전운동의 최대속도가, 여자의 경우 측굴 운동의 최대 속도가 가장 높았으나, 다른 운동의 최대속도와 통계적으로 유의하였으며, 남녀간의 차이에도 통계적으로 유의하였다.

최대 등척성 근력의 50%에 해당하는 저항을 준 상태에서 시행한 등저항성 운동의 최대속도를 보면, 남녀 모두에서 굴곡/신전운동, 측굴 운동, 회전운동 순 으로 의미 있는 차이가 있었으며, 남녀간의 차이도 통계적으로 유의하였다.

2) 각 측정 지표들의 정상 값 및 요통 환자 군과의 비교

인체 계측학적 변수중 성별 만 고려하여, 등저항성 삼축 동력계의 측정 지표들의 정상 값을 구하고 이를 환자군의 값과 비교하여 보면, 요추부 관절운동의 범위는 남자의 경우, 회전운동 82.9±12.5도, 굴곡/신전운동 76.5±17.1도, 측굴운동 64.3±14.5도로 나타났으며, 여자의 경우, 회전운동 78.4±18.5도, 굴곡/신전운동 71.7±20.4, 측굴운동 63.2±14.4도로 남녀 환자의 모두에서 관절운동범위가 감소됨을 알 수 있었다.(표 2)

표 2. 관절가동범위(R.O.M / Degree)

	남	여
회전(Rotation)	82.9±12.5**	78.4±18.5*
굴곡(Flexion)/신전(Extension)	76.5±17.1**	71.7±20.4**
측굴곡(Lateral Flexion)	64.3±14.5**	63.2±14.4**

* P(0,05 ** P(0,01)

요추부 최대 등척성 근력에 있어서는 남자의 경우 회전근 64.7±23.8ft-lbs, 굴곡근 84.1±42.0ft-lbs, 신전근 122.2±43.6ft-lbs, 측굴곡근 101.0±37.0ft-lbs로 나타났으며, 여자의 경우 회전근 41.9±9.2ft-lbs, 굴곡근 49.9±23.9ft-lbs, 신전근 90.1±26.8ft-lbs, 측굴곡근 62.0±16.7ft-lbs로 나타나, 남자 환자의 경우 최대 등척성 근력의 감소가 있음을 알 수 있었으며, 여자 환자의 경우는 정상 값과 큰 차이가 없었다.(표 3)

표 3. 최대 등척성 근력 (Isometric Maximum Torque / ft-lbs)

	남	여
회전(Rotation)	64.7±23.8*	41.9±9.2
굴곡(Flexion)	84.1±42.0*	49.9±23.9
신전(Extension)	122.2±43.6*	90.1±26.8
측 굴곡(Lateral Flexion)	101.0±37.0**	62.0±16.7

* P(0,05 ** P(0,01)

등저항성 최대 운동 속도를 보면, 최대 등척성 근력의 25%의 저항을 준 상태에서의 최대속도는 남자의 경우, 회전운동이 102.4±28.8degrees/second(deg/sec), 굴곡/신전운동 108.9±32.2deg/sec, 측굴운동 103.5±30.4deg/sec이었으며, 여자의 경우, 회전운동84.1±24.4deg/sec, 굴곡/신전운동93.2±32.9deg/sec, 측굴운동98.5±33.7deg/sec이었으며, 최대 등척성 근력의 50%의 저항을 준 상태에서의 최대속도는 남자의 경우, 회전근 74.0±20.9deg/sec, 굴곡/신전근 98.7±32.8deg/sec, 측굴곡근 85.0±25.8deg/sec이었으며, 여자의 경우, 회전근 67.3±26.4deg/sec, 굴곡/신전근 82.5±31.0deg/sec, 측굴곡근 79.7±23.9deg/sec이었다. 남자의 경우, 등저항성 최대 속도가 25% 저 저항과 50% 고 저항을 준 모든 방향에서 굴곡/신전운동, 측굴운동, 회전운동의 순 으로 나타났으며, 여자의 경우에는 25% 저 저항을 준 상태에서의 최대속도는 측굴운동, 굴곡/신전운동, 회전운동의 순 이었으며, 50% 고 저항을 준 상태에서의 최대속도는 굴곡/신전운동, 측굴운동, 회전운동의 순 이었으며, 남녀 환자의 모두에서 등저항성 최대속도의 감소가 나타났다.(표 4)

표 4. 최대 속도 (Maximum Velocity / deg/sec)

	남	여
저 저항(low resistance : 25%)		
회전(Rotation)	102.4±28.8**	84.1±24.4**
굴곡/신전(Flex./Exten.)	108.9±32.2**	93.2±32.9**
측 굴곡(Lat. Flex.)	103.5±30.4**	98.5±33.7**
고 저항(high resistance : 50%)		
회전(Rotation)	74.0±20.9**	67.3±26.4**
굴곡/신전(Flex./Exten.)	98.7±32.8**	82.5±31.0**
측 굴곡(Lat. Flex.)	85.0±25.8**	79.7±23.9**

**P(0,01)

IV. 고찰

요추부의 근력이 요통과 중요한 연관이 있다고 밝혀진 이후로 요추부의 근력을 평가하기 위한 많은 노력이 있었다. 1970년대에 굴곡, 신전, 들어올리기에 대한 요추부의 등척성 근력을 측정함으로써 요통환자들의 평가 및 치료에 이를 이용

하고자 시도한 이래 1980년대 후반에 이르러 요추부 운동을 동적으로 평가하면서 요추부 기능평가를 더욱 인체 역학적으로 구체적이면서도 실제와 가깝게 수행하게 되었다.

등속성 운동이 미리 지정된 일정한 속도에서 운동을 함으로써 운동에너지가 일정한 반면, 등저항성 운동은 미리 지정된 일정 저항 또는 부하에 대하여 근육이 수축함으로써 유발되는 우력 또는 근력이 그 저항 또는 부하를 초과할 때 근육의 길이가 변하면서 그 초과 된 우력이나 근력이 운동방향으로 새로운 가속을 유발하게 되어 운동속도가 증가하는 특성을 가지고 있다.

1987년 등저항성 운동의 원리를 이용한 등저항성 삼축 동력계인 Isostation B-200이 소개 된 이후 이를 이용한 요추부 기능에 대한 많은 연구들이 이루어져 왔다. 이 동력계는 등항성 동력계라는 특성 외에도 시상면 방향의 굴곡/신전운동, 관상면 방향의 측 굴곡운동, 그리고 수평면 방향의 회전운동을 동시에 시행하여 운동범위, 등척성 근력 및 등저항성 운동시의 속도 등을 동시에 편리하게 측정할 수 있기 때문에 요추부 기능을 포괄적으로 평가할 수 있다는 장점이 있다. 반면, Isostation B-200으로 측정 가능한 지표들이 너무 많기 때문에 지표들이 지나는 신뢰도와 타당도에 대한 확립에 많은 연구가 필요하게 되었는데, 검사자 내부 및 검사자간의 신뢰도는 많은 연구에서 그 증명이 이루어졌다. 또한, Isostation B-200은 여러 연구들을 통하여 등속성 동력계와 비교되었는데, 많은 연구들이 Isostation B-200이 요추부 기능 평가에 있어서 더욱 우수하다고 보고하고 있으며, 그 외 산업재해의 평가와 요통치료 전후의 기초자료로 활용하려는 연구들이 진행되고 있다.

요추부의 관절 운동범위는 모든 축에서 남녀간에 차이가 나지 않는 측정지표였는데 이들의 값과 1996년 박 창일 등이 중력각도기(gravity goniometer)와 자력각도기(magnetic goniometer)를 이용하여 고안한 측정기로 측정한 운동범위를 볼 때, 굴곡/신전운동범위는 본 연구에서 다소 낮게 측정되었으며, 측 굴곡운동범위는 다소 높게 측정되었고, 회전운동범위는 높게 측정되었다.

최대 등척성 근력의 경우 1997년 이 강우 등에 의해 등속성 동력계로 측정된 정상인의 요추부 신근의 등척성 근력이 요추부 굴곡 각도 0도에서 남녀 각각 125 ± 38 , 78 ± 24 N이였

는데, 본 연구의 남녀 결과인 각각 122.2 ± 43.6 , 90.1 ± 26.8 N과 비교할 때 비교적 근접한 값을 알 수 있었다.

남,녀 모두 신전시의 최대 등척성 근력이 가장 큰 것으로 나타났으며, 그 다음은 측 굴곡근, 굴곡근, 회전근 순이었다. 이는 Kumar 등이 측 굴곡의 등속성 근력이 회전시의 등속성 근력 보다 남,녀 모두에서 의미 있게 크다는 보고와 일치하였다.

등저항성 운동시의 최대운동속도는 등저항성 삼축 동력계인 Isostation B-200만의 고유한 측정지표로서, 등저항 운동속도는 요추부 기능적 상태와 피로의 평가에 아주 민감하다. 때문에, 요통환자와 정상인들을 구별하는데 있어서 등척성 근력 보다 훨씬 예민하다고 보고하고 있다.

본 연구에서도, 25% 저저항 부하 상태와 50% 고저항 부하 상태에서 등저항성 운동을 하였을 때, 측정된 최대 운동속도를 보면, 모든 방향에서 남,녀 환자 모두 최대운동속도가 낮음을 알 수 있었다.

등저항성 최대 운동속도는 만성 요통 환자군과 정상인군을 비교하는데 있어서 가장 정확하면서, 민감한 척도가 될 수 있다.

이상과 같이 등저항성 최대 운동속도를 이용하여 요통의 중증도를 객관적으로 정량화할 수 있을 것으로 사료되며, 이에 대한 연구가 계속되기를 기대한다.

V. 결 론

등저항성 삼축 동력계인 Isostation B-200을 이용하여 측정한 결과 결론은 다음과 같았다.

첫째, 남녀 환자 모두에서 관절가동범위의 감소를 볼 수 있었다.

둘째, 여자환자의 등척성 근력을 제외한 모든 지표들이 낮게 나타났다.

셋째, 남녀환자 모두에서 최대운동속도가 모든 방향에서 낮음을 알 수 있었다.

마지막으로, 만성 요통의 평가에 있어서 등저항성 최대 운동속도는 최대 등척성 근력 보다 더 신뢰성이 있고 의미가 있었다.

따라서, 등저항성 삼축 동력계는 만성 요통환자에서 포괄적인 요추부의 기능 평가는 물론, 만성 요통의 객관적 정량화에 사용될 수 있다.

참고문헌

- 김유창, 서정환, 김연희. 정상 성인의 요추부 등속성 평가 및 관련 요인 분석. 대한재활의학회지, 20: 929-938, 1996.
- 박창일, 김유철, 신지철, 김덕용, 김용욱, 김철. 정상 성인의 경추, 요추, 운동범위 및 연령에 따른 영향. 대한재활의학회지, 20: 278-288, 1996.
- 이강우, 황지혜, 방희재. 만성 요통 환자 에서의 요추부 신근의 등척성 근력 평가. 대한재활의학회지, 21: 1-7, 1997.
- 이상현, 김세주. 만성 요통 환자의 요추부 굴근 및 신근의 등속성 운동평가. 대한재활의학회지, 18: 248-255, 1994.
- 한태륜, 김진호, 방문석, 이인식. 등관성 삼축 동력계를 이용한 정상인과 만성 요통 환자들의 요추부 기능평가.
- Ahernethy PJ, Jurimae J. Cross-sectional and longitudinal uses of isoinertial, isometric, and isokinetic dynamometry. Med. Sci. Sports Exerc., 28: 1180-1187, 1996.
- Beurskens AJ, de Vet Hc, Koke AL, der Heijden GJ, Knipschild PG. Measuring the functional status of patients with low back pain. Spine, 20: 1017-1028, 1995.
- Caldwell LS, Chaffin DB, Dukes-Dobos Fn. A proposed standard procedure for static muscle strength testing. Am. Hyg. Assoc. J. 35: 201-206, 1974.
- Estlander AM, Vanharanta H, Moneta GB, Kaivanto K. Anthropometric variables, self-efficacy beliefs, and pain and disability ratings on the isokinetic performance of low back pain patients. Spine, 19: 941-947, 1994.
- Kumar S, Dufresne RM, Schoor TV. Human trunk strength profile in lateral flexion and axial rotation. Spine, 20: 169-177, 1995.
- Lee YH, Chen YL. An isoinertial predictor for maximal acceptable lifting weights of chinese male subjects, Am. Ind. Hyg. Assoc. J. 57: 456-463, 1996.
- Leskinen TPJ. Comparison of static and dynamic mechanical models. Ergonomics, 28: 289-291, 1985.
- Murphy AJ, Wilson GJ. The assessment of human dynamic muscular function: A comparison of isoinertial and isokinetic tests. J. Sports Med. Phys. Fitness, 36: 169-177, 1996.
- Nachemson A, Lindh M. Measurement of abdominal and back muscle strength with and without low back pain. Scand. J. Rehab. Med, 1: 60-65, 1969.
- Newton M, Waddell G. Trunk strength testing with isomachines, Part I: Review of a decade of scientific evidence. Spine, 18: 801-811, 1993.
- Parnianpour M, Li F, Nordin M, Frankel V. Reproducibility of trunk isoinertial performances in the sagittal, coronal, and transverse planes. Bull. Hosp. Joint Dis. Orthop. Inst., 49: 148-154, 1989.
- Parnianpour M, Nordin M, Kahanovitz N, Frankel V. The triaxial coupling of torque generation of trunk muscles during isometric exertions and the effect of fatiguing isoinertial movements on the motor output and movement patterns. Spine, 13: 982-992, 1988.
- Rytokoski U, Karppi SL, Puukka P, Soini J, Ronnema. Measurement of low back mobility, isometric strength and isoinertial performance with Isostation B-200 triaxial dynamometer: Reproducibility of measurement and development of functional indices. J. Spinal Disorders, 7: 54-61, 1994.
- Szpalski M, Federspiel CF, Poty S, Hayez JP, Debaize JP. Reproducibility of trunk isoinertial dynamic performance in patients with low back pain. J. Spinal Disorders, 5: 78-85, 1992.
- Szpalski M, Poty S, Hayez JP, Debaize JP. Objective assessment of trunk function in patients with acute low back pain treated with Tenoxicam: A prospective controlled study. Neuro-orthopaedics, 10: 41-47, 1990.