

정상 성인남자와 요추간판탈출증 수술후 성인남자의 요추부 굴곡근 및 신전근의 등속성 근력평가

서울보건대학 물리치료학과
오 승 길

Isokinetic Evaluation of Trunk Flexors and Trunk Extensors in Normal Adult Subjects and Patients with Post-operative Herniated Intervertebral Lumbar Disc

Oh, Seung-Kil. P.T.

Department of Physical Therapy Seoul Health College, Sungnam, Korea

〈Abstract〉

Isokinetic evaluation of trunk flexors and trunk extensors was performed at 60°/sec and 120°/sec of angular velocity by using cybex 6000 TEF Unit on 31 healthy male white workers and 15 post-operative HILD patients with no significant difference in mean age and mean body weight between two groups, and compared each other.

The purpose of this study is to obtain the isokinetic normative strength values and endurance ratios for trunk extensors and trunk flexors, and is to provide a guideline for rehabilitation program of post-operative HILD patients.

The collected data were analyzed by ANOVA, Duncan's Multiple Range Test, and Pearson correlation coefficient in PC-SAS program.

The results obtained were as follow ;

1. Post-operative subjects has lower isokinetic values than normal subjects in peak torque, peak torque % by body weight, total work, total work % by body weight, average power, average power % by body weight, TAE of trunk flexors and trunk extensors, and there are significant differences with statistic value in trunk extensors at 60°/sec, and in trunk flexors and trunk extensors at 120°/sec between two groups($p < 0.05$).

2. Post-operative subjects has lower values for angle of peak torque than normal subjects in trunk extensors, and there are significant differences with statistic value at 60°/sec($p < 0.1$) and 120°/sec($p < 0.01$) between two groups.

3. Post-operative subjects has higher values for endurance ratios than normal subjects in trunk extensors and flexors, but there are no significant differences with statistic value between two groups.

4. Post-operative subjects has higher values than normal subjects in peak torque ratios, total work ratios, average power ratios of trunk flexors to trunk extensors, and there are significant differences with statistic value between two groups($p < 0.01$).

5. There is significant positive-correlation with statistic value between peak torque and height and body weight in normal subjects($p < 0.05$), but There is significant negative-correlation between peak torque of trunk extensor at 120°/sec and age ($p < 0.05$).

6. There is significant positive-correlation with statistic value between peak torque of trunk flexors and body weight in post-operative subjects($p<0.05$), but There is significant negative-correlation between peak torque of trunk extensor and age ($p<0.05$).

In conclusion, post-operative subjects have greater weakness in trunk musculature than normal subjects, especially there is more significant weakness in trunk extensors than in trunk flexors

Key Words: Post-operative Patients, Isokinetic Strength, Trunk Flexors, Trunk Extensors.

I. 서론

인간은 직립보행을 하므로 체중이 모두 요추, 천추, 골반을 통해서 하지로 전달되고, 대부분의 생활을 앉거나 서있는 자세로 하므로 체중과 자세를 유지하기 위해서는 요천추와 골반의 안정이 절대적으로 필요하다(김희상과 김성윤, 1995). 척추는 골성요소의 연결조직으로 관절의 복합구성으로 되어있고, 추간판, 관절낭, 인대와 근육 등에 의해 그 안정성을 유지되고 있다(Cooper 등, 1992). 그 중에서도 인간의 몸통을 이루고 있는 다양한 체간근육은 척추를 지지하고, 요추부의 안정성을 유지하는 중요한 기능을 하고 있다(Beimbom과 Morrissey, 1988).

산업이 발달하고 문명생활을 하게되면서 주로 앉아서 생활하게 되었고, 교통수단의 발달로 보행도 하지않게 되어 자연히 허리와 다리의 근육이 약해졌으며, 체간의 근육이 요추부의 기능수행을 위한 충분한 근력이 없을 정도로 약화되면, 반복적인 작은 손상에도 더 예민하게 되어 요추부의 손상이 있게되고, 이와 같은 손상이 반복되면, 지속적인 체간근육의 약화를 초래함으로써 만성적인 요추부의 기능장애와 요통이 유발되어 인간의 근로활동과 일상생활활동에 지장을 주게 된다(Cooper 등, 1992; Mostrardi 등 1992). McNeill 등(1980)은 대조군과 요통 환자군을 비교한 연구를 통해 요통환자에서 체간의 굴곡, 신전 및 측방굴곡의 근력저하가 있다고 했으며, 특히 체간신전근의 근력이 가장 심하게 영향을 받는다고 보고했고, Cady 등(1979)은 소방수들을 대상으로 요추부의 손상이 있는 군과 없는 군간의 비교연구에서 요추부의 손상이 없는 군들은 모두 체간의 근력이 강하다고 보고했으며, Hultman 등(1993)은 요통이 없는 군, 간헐적으로 있었던 군, 만성 요통군의 비교를 통해 등속성운동 및 등척성운동에서 체간 신전근의 근력 차이가 현저하게 있었으며, 특히 요통이 없거나 간헐적으로 있었던 군에서 체

간 신전근의 근력이 만성요통군에 비해 의미있게 더 강했다고 보고했다.

또한, 나이가 많아지게 되면 추간판의 수핵은 수분성분이 점차 감소하게 되므로 탄력성이 없는 섬유질로 변하게 되고, 수핵을 둘러 싸고 있는 섬유륜도 퇴행하여 탄력성이 줄어들면서 균열이 있게 된다. 이러한 퇴행성 변화가 있거나 체간근육의 약화로 요추부에 잦은 손상이 있는 가운데 척추에 충격이 가해지게 되면, 탄력성이 없는 추간판의 수핵이 균열이 있는 섬유륜쪽으로 탈출하게 되면서 요추의 신경근을 압박하게되어 요통, 하지통, 운동제한 등의 증상이 나타나게 된다. 이것을 요추간판 탈출증이라고 하며, 약물, 물리치료 등의 보존적인 치료법으로 효과가 없을 때는 수술적 방법으로 척추신경근을 압박하는 수핵을 제거하여 통증을 완화시킬 수 있다(석세일 등 1985). 그러나, 수술 후 통증이 완화되었다 하더라도 척추가동성과 유연성의 감소, 복근과 배근의 근력, 지구력의 약화 및 불균형 등은 수술 전과 동일하기 때문에 정상적인 생활로 복귀하는데 많은 문제점이 남아 있어 운동요법이 포함된 재활프로그램이 필요하다. Hansen(1964)은 추간판탈출증 환자들을 대상으로 수술 후 3~4주에 척추의 가동성과 체간 신전근의 등척성근력 및 지구력 등을 측정하고 정상인에 비하여 현저하게 감소되어 있는 것을 보고하였으며, 재활요법의 필요성을 주장하였고, Kahanovitz 등(1988)도 추간판탈출증 환자들 중에서 상당수가 성공적인 수술후에도 요부의 경직과 요통 등으로 정상생활에의 복귀에 지장이 있는 것에 대하여 신경학적인 원인보다는 기계적인 원인, 특히 근력과 지구력의 저하와 관련이 있다고 했고, Mayer 등(1989)은 척추수술 3개월후에 요추부의 가동성, 체간근육의 근력, 물건을 들어올리는 능력 등을 측정한 결과, 신체의 기능수행능력이 많이 감소된 것을 확인하고, 신경학적인 요인보다 근골격계의 기능부전에서 기인한 것으로 보았으며, Saal(1990)은 퇴행성 요부질환에 대한 치료

에서 체간의 근육이나 인대의 단련으로 추간판이나 후방 관절의 반복적인 미세손상을 방지함으로써 요추의 퇴행성 변화의 진전을 막는다는 안정화(stabilization)개념에 대해 말하고, 안정화를 이루기 위해서는 적절한 운동방법으로 척추에 대한 보조기억할을 함으로써 안정화에 중추적인 역할을 담당하는 복근을 강화하고, 둔부근, 배부근 등의 신전근과 하지근육 등의 균형있는 발달과 유연성의 증진으로 척추의 중립적 자세를 확립하는 것이 중요하다고 했다.

운동의 종류는 근수축과 저항의 양상에 따라 등장성(isotonic), 등척성(isometric), 등속성(isokinetic)운동으로 구분되며, 근육의 힘은 등척성, 등장성, 등속성으로 측정될 수 있다(Knapik 등, 1983). 등속성운동은 1967년 Hislop과 Perine(1967), 그리고 Thistle 등(1967)에 의하여 그 개념이 소개되었고, 등속성운동은 근력이 증가함에 따라 운동속도를 조정하여 점차 감도 높은 운동과 훈련을 할 수 있기 때문에 등장성이나 등척성운동 등, 다른 운동방법보다도 근력강화에 뛰어난 효과가 있다고 보고되었다. 또한, 등속성운동은 관성의 영향을 받지않고 전 관절운동범위에서 최대의 힘을 낼수있으며, 우력을 통하여 근력을 객관성있고 정확하게 기록할 수 있고, 관절운동중에 관절의 각 위치에서의 근력을 알 수 있는 동시에 동일관절의 길항근간의 근력을 비교하고, 근력과 체중과의 관계를 비교할 수가 있어 보다 객관적인 근력평가방법으로 널리 이용되고 있으며(Davies, 1987), 등속성운동에 의한 근력평가는 높은 유효성과 신뢰성이 있다고 보고 되었다(Goslin과 Charteries, 1979). 최근까지 우리나라에서도 인체 주요관절의 주위근육에 대한 근력의 정상표준치를 구하고, 근력을 강화시킬 목적으로 등속성운동기기를 이용한 많은 연구(강세운 등, 1990, 1991; 김진호 등, 1989; 서동원 등, 1995; 유병규와 정경수, 1994; 윤승호 등, 1990; 윤태식 등, 1990; 이상현과 김세주, 1994; 한태륜과 김상규, 1990; 한태륜과 방문식, 1994)가 이루어 졌으나, 요추부에 관한 선행연구는 만성요통환자를 대상으로 서동원 등(1995)의 등속성운동치료의 효과와 이상현과 김세주(1994)의 등속성운동평가에 관한 것뿐이었고, 요추간판탈출증 환자를 대상으로 한 선행연구는 현재까지 없었다.

이에 본 연구에서는 정상성인 남자의 체간 굴곡근과 신전근의 근력 및 지구력을 측정하여 기준치를 마련하고, 요추간판탈출증 수술후 성인남자의 체간 굴곡근과 신전근의 근력 및 지구력을 측정하여 정상 대조군과 비

교한 결과를 보고함으로써 요추간판탈출증 수술후 환자의 재활프로그램설정에 기초자료를 제공하고자 한다.

II. 연구방법

1. 연구대상

1996년 10월부터 1997년 4월까지 서울시 강남구에 소재한 00병원으로 정기건강검진을 받고자 내원했던 사무직근로자 중에서 남자를 대상으로 임상적으로 순환계와 호흡기계에 이상이 없고, 요추추부의 외상이나 요통병력이 없으며, 1년이상 운동선수나 근력강화훈련의 경력이 없는 22세부터 34세까지 31명을 정상대조군으로 하고, 1995년 9월부터 1996년 7월까지 같은 병원에서 요추간판탈출증으로 진단받고, 레이저를 이용한 방법으로 신경근을 압박하고 있는 수핵제거수술을 받았던 남자환자중에서 20세에서 37세까지 15명을 수술후 환자군으로 하였다.

2. 검사 및 자료 분석 방법

요추부의 굴곡근과 신근의 등속성운동 근력을 측정하기 위한 등속성 운동기기는 Cybex 6000 Trunk Extension Flexion(TEF) unit(Lumex, Inc., Ronkonkoma, NY, U.S.A.)를 사용하였으며, 등속성운동 근력검사를 시작하기전에 준비운동으로 요추부의 굴곡근과 신근을 10분간 신장(stretch) 시키고, Cybex Fitron Exerciser에서 10분간 60RPM, 400KGM/min으로 심폐운동을 실시하였다. Cybex 6000 등속성운동기기에 요추부 신전, 굴곡운동기기를 연결시킨 후, 등속성운동기기의 발판위에 검사대상자가 올라서게 한 다음, 피검자의 장골능(iliac crest)의 연장선이 척추와 만나는 부위를 요추4~5번 척추사이로 판정하고, 이것을 기준으로 등속성운동기기의 회전축이 환자의 요추 5번과 천추 1번 사이와 일치되도록 발판의 높이를 조절하였다.

슬관절이 15° 굴곡상태를 유지하도록 슬와부(popliteal fossa)에 패드를 대고, 양하지는 슬와부 패드, 대퇴패드, 경골패드를 이용하여 고정한다. 다음, 천골패드를 적절하게 전·후로 이동시켜 환자의 중앙액와선(midaxillary line)이 등속성운동기기의 회전축을 지나도록 조절하였다.

상체의 뒤쪽에 있는 견갑골패드가 견갑극(scapular spine)위치에 오도록 견갑골의 중앙에 놓고, 상체 앞쪽에 있는 흉부패드는 흉골절흔(sternal notch)아래 위치하도록

한 다음, 흉곽패드의 양쪽에 있는 연결고리를 견갑골패드와 연결시켜 상체를 고정시킨 후, 피검자에게 검사하는 동안 양손으로 흉부패드 앞에 있는 손잡이를 잡도록 하였다(Fig 1).

측정시 정확을 기하기 위하여 피검자에게 운동방법과 기구의 작동원리, 측정순서 등을 검사 전에 설명하였으며, 매 검사각속도마다 예비운동으로 체간의 굴곡과 신전을 3회씩 시켜서 동속성운동 검사에 적용되도록 하였다.

검사는 각속도 60°/sec와 120°/sec에서 실시하였으며, 각속도 120°/sec에서 최대의 힘으로 체간의 굴신운동을 정상가동범위를 통해 20회 반복하게 한 후, 60초간 휴식을 취하게 하고, 다시 각속도 60°/sec에서 최대의 힘으로 정상가동범위를 통해 4회 반복하게 하였다.

측정검사 항목은 각속도 60°/sec와 120°/sec에서의 최대우력(peak torque), 체중에 대한 최대우력의 비, 총 일량(total work), 평균일률(average power), 최대우력 가속에너지(peak torque acceleration energy), 최대우력의 관절각도(angle of peak torque), 신근에 대한 굴근의 최대우력 및 총 일량, 평균 일률에 대한 각각의 비율, 그리고 각속도 120°/sec에서의 근지구력 비율(endurance ratio)이었다.

환자군에 대한 검사는 수술을 받고 4~6주후에 시행하였으며, 수술전의 검사는 추간판 탈출증으로 인한 통증과 증상이 악화될 수 있기 때문에 시행할 수 없었다. 동속성운동 근력평가를 하기전에 수술후부터 2주간은 서서히 환자들이 적응되도록하여 몸통과 하지근육에 대한 신장운동을 15분간 실시하게 한 후, Cybex Fitron에서 60RPM, 400KGM/min의 강도로 심폐지구력을 향상시키는 운동을 15분간 하게 한 다음 복부근육과 배부근육을 강화시키는 운동을 하게했으며, 2주후부터는 동속성운동 기기를 이용하여 DeLorme Technique(1/2 10RM 으로 10회 × 2 set, 3/4 10RM 으로 10회 × 2 set, 10RM 으로 10회 × 2 set)으로 근육강화 운동을 실시하여 동속성운동 근력평가를 위한 준비를 했다.

자료의 통계적 분석은 검사결과 Cybex Data Reduction Computers에서 얻은 수치들을 전산입력(PC-SAS)하여 평균과 표준편차를 구하였고, 분산분석(ANOVA)한 후 Duncan's Multiple Range Test를 실시하여 정상대조군과 수술 후 환자군간의 차이에 대한 통계적 유의성을 판별하였으며, 상관계수(Pearson correlation coefficient)를 이용하여 각 변수간의 선형상관관계에 대한 유의성을 판별하였다.

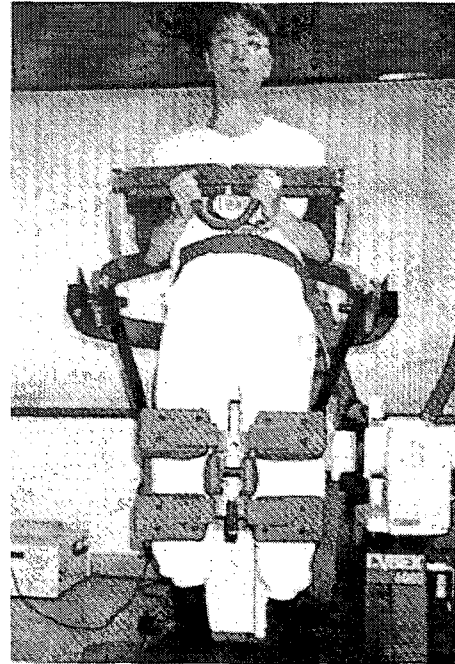


Fig 1. Subject in Cybex prototype isokinetic trunk extension-flexion unit

III. 연구 결과

1. 연구 대상군의 연령별 분포 및 평균연령, 평균신장, 평균체중

연구대상군은 모두 46명으로 정상대조군이 31명, 수술 후 환자군이 15명이고, 정상대조군과 수술 후 환자군의 평균 연령은 모두 29세이고, 평균 신장은 정상대조군이 171cm이며, 평균 체중은 정상대조군이 66kg, 수술 후 환자군이 68kg이었다(Table 1).

Table 1. Mean age, mean heights, mean body weight and distribution according to age of subjects

Subjects	N	Mean		
		Age (yrs)	Heights (cm)	Body Weight (kg)
Normal	31	29±3	171±5	66±8
Post-operative	15	29±5	-	68±12

Values are given as mean ± standard deviation

1. 최대 우력(Peak Torque)과 최대우력의 관절 각도(Angle of Peak Torque)

운동속도를 60°/sec로 하였을 때, 정상대조군에서 체간

Table 2. Peak torque and angle of peak torque in trunk flexors and trunk extensors at angular velocity 60°/sec

Subjects	60°/sec							
	Peak torque(ft-lbs)				Angle of Peak Torque(°)			
	Flexor	p-value	Extensor	p-value	Flexor	p-value	Extensor	p-value
Normal	142±26		163±39		45±33		84±15	
Post-operative	138±31	0.6342	126±36	0.0040	54±31	0.3963	76±17	0.0897

Values are given as mean ± standard deviation
p-value by ANOVA

Table 3. Peak torque and angle of peak torque in trunk flexors and trunk extensors at angular velocity 120°/sec

Subjects	120°/sec							
	Peak torque(ft-lbs)				Angle of Peak Torque(°)			
	Flexor	p-value	Extensor	p-value	Flexor	p-value	Extensor	p-value
Normal	166±32		159±31		43±21		74±10	
Post-operative	149±36	0.1161	122±29	0.0005	52±23	0.2062	59±19	0.0014

Values are given as mean ± standard deviation
p-value by ANOVA

굴곡근의 최대우력과 최대우력의 관절각도는 각각 142 ft-lbs, 45°이었고, 체간 신전근의 최대우력과 관절각도는 각각 163 ft-lbs, 84°이었으며, 수술후 환자군에서는 체간 굴곡근의 최대우력과 관절각도는 각각 138 ft-lbs, 54°이었고, 체간 신전근의 최대우력과 관절각도는 각각 126 ft-lbs, 76°이었다(Table 2).

운동속도를 120°/sec로 하였을 때, 정상대조군에서 체간 굴곡근의 최대우력과 관절각도는 각각 166 ft-lbs, 43°이었고, 체간 신전근의 최대우력과 관절각도는 각각 159 ft-lbs, 74°이었으며, 수술후 환자군에서는 체간 굴곡근의 최대우력과 관절각도는 각각 149 ft-lbs, 52°이었고, 체간 신전근의 최대우력과 관절각도는 각각 122 ft-lbs, 59°이었다(Table 3).

정상 대조군은 운동속도 60°/sec에서 체간 신전근의 최대우력이 굴곡근의 최대우력보다 높았으나 운동속도 120°/sec에서는 체간 신전근의 최대우력이 굴곡근의 최대우력보다 낮았으며, 수술후 환자군은 운동속도 60°/sec와 운동속도 120°/sec 모두에서 체간굴곡근의 최대우력이 신전근의 최대우력보다 높았다. 또한, 운동속도 60°/sec에서 정상대조군의 체간 굴곡근과 신전근의 최대우력이 모두 수술후 환자군의 체간 굴곡근과 신전근보다 높았으나 체간 굴곡근에서는 통계적으로 유의한 차이가 없었고, 체간 신전근에서만 매우 유의한 차이가 있었다(p<.01).

그리고, 운동속도 120°/sec에서도 정상대조군의 체간 굴곡근과 신전근의 최대우력이 모두 환자군의 굴곡근과 신전근보다 높았으나, 체간 굴곡근에서는 통계적으로 유의한 차이는 없었고, 체간 신전근에서만 아주 유의한 차이를 보였다(p<.001).

최대우력시 관절각도는 운동속도 60°/sec와 운동속도 120°/sec에서 정상 대조군의 체간 굴곡근의 관절각도는 수술후 환자군의 관절각도보다 작았으며, 체간 신전근의 관절각도는 수술후 환자군의 관절각도보다 컸다. 신전근의 경우, 최대우력의 관절각도는 운동속도를 증가시킴에 따라 관절각도가 작아졌고, 신전되는 방향으로 이동하였으며, 운동속도 60°/sec에서는 90% 유의수준에서 환자군의 관절각도가 대조군보다 작았고, 신전되는 방향으로 이동하였으며, 운동속도 120°/sec에서는 환자군의 관절각도가 대조군보다 통계적으로 매우 유의하게 작았고, 신전되는 방향으로 이동하였다(p<.01). 굴곡근의 경우에서도 최대우력의 관절각도는 운동속도를 증가시킴에 따라 관절각도가 작아졌고, 신전되는 방향으로 이동하였고, 환자군의 관절각도는 정상군의 관절각도보다 증가하였으며, 굴곡되는 방향으로 이동하였으나 환자군의 관절각도와 대조군의 관절각도사이에는 통계적으로 유의한 차이는 없었다.

Table 4. Peak torque % by body weight of trunk flexors and trunk extensors according to angular velocity (unit: %)

Subjects	60°/sec				120°/sec			
	Flexor	p-value	Extensor	p-value	Flexor	p-value	Extensor	p-value
Normal	98±15		112±24		114±20		109±19	
Post-operative	92±13	0.2468	85±22	0.0007	99±12	0.0104	83±21	0.0001

Values are given as mean±standard deviation
p-value by ANOVA

Table 5. Total work of trunk flexors and trunk extensors according to Angular Velocity (unit: ft-lbs)

Subjects	60°/sec				120°/sec			
	Flexor	p-value	Extensor	p-value	Flexor	p-value	Extensor	p-value
Normal	182±30		176±35		200±34		174±39	
Post-operative	172±35	0.3349	144±41	0.0084	170±35	0.0085	125±34	0.0001

Values are given as mean±standard deviation
p-value by ANOVA

3. 체중에 대한 최대우력의 비율

정상 대조군의 체중에 대한 검사근육의 최대우력 비율 (%)은 운동속도 60°/sec에서 체간 굴곡근과 신전근이 각각 98%, 112%이었고, 운동속도 120°/sec에서는 각각 114%, 109%이었으며, 수술후 환자군의 체중에 대한 검사근육의 최대우력비는 운동속도 60°/sec에서 체간 굴곡근과 신전근이 각각 92%, 85%이었고, 운동속도 120°/sec에서는 각각 99%, 83%이었다(Table 4).

정상 대조군은 운동속도 60°/sec에서 체간 신전근의 체중에 대한 최대우력비율이 굴곡근의 체중에 대한 최대우력비보다 높았으나 운동속도 120°/sec에서는 체간 신전근의 체중에 대한 최대우력비율이 굴곡근의 체중에 대한 최대우력비보다 낮았으며, 수술후 환자군은 운동속도 60°/sec와 운동속도 120°/sec 모두에서 체간굴곡근의 체중에 대한 최대우력비율이 신전근의 체중에 대한 최대우력비보다 높았다. 수술후 환자군의 체중에 대한 검사근육의 최대우력 비율(%)은 운동속도와 검사근육에 관계없이 모두 100%이하였으며, 정상 대조군에서는 운동속도 60°/sec에서 체간 굴곡근의 체중에 대한 최대우력비에서만 100%이하였다. 그리고, 운동속도와 검사근육에 관계없이 정상대조군의 체중에 대한 검사근육의 최대우력비가 환자군보다 높았으나 운동속도 60°/sec에서 체간 굴곡

근의 체중에 대한 최대우력비는 정상 대조군과 수술후 환자군사이에 통계적으로 의미있는 차이는 없었고, 체간 신전근의 체중에 대한 최대우력비만 대조군과 환자군사이에 통계적으로 아주 의미있는 차이가 있었다(p<.001). 운동속도 120°/sec에서 신전근의 체중에 대한 최대우력비는 대조군이 환자군보다 통계적으로 아주 유의하게 높았고(p<.001). 굴곡근의 체중에 대한 최대우력비도 대조군과 환자군사이에 통계적으로 의미있는 차이가 있었다(p<.05).

4. 총일량(Total Work)

운동속도 60°/sec에서 정상 대조군의 체간 굴곡근과 신전근의 총일량은 각각 182 ft-lbs, 176ft-lbs이었고, 운동속도 120°/sec에서 체간 굴곡근과 신전근의 총일량은 각각 200 ft-lbs, 174 ft-lbs이었다. 수술후 환자군의 체간 굴곡근과 신전근의 총일량은 운동속도 60°/sec에서 각각 172 ft-lbs, 144 ft-lbs이었고, 운동속도 120°/sec에서는 각각 170 ft-lbs, 125 ft-lbs이었다(Table 5).

운동속도 60°/sec와 120°/sec에서 대조군과 환자군 모두 체간 굴곡근의 총일량이 신전근의 총일량보다 높았으며, 대조군의 체간 굴곡근과 신전근의 총일량은 환자군의 체간굴곡근과 신전근의 총일량보다 높았으나, 운동속도 60°/sec에서는 대조군의 신전근만이 환자군의 신전근

Table 6. Total work % by body weight of trunk flexors and trunk extensors according to angular velocity (unit: %)

Subjects	60°/sec				120°/sec			
	Flexor	p-value	Extensor	p-value	Flexor	p-value	Extensor	p-value
Normal	125±16		121±20		137±18		119±21	
Post-operative	116±20	0.1038	97±24	0.0008	114±17	0.0002	84±23	0.0001

Values are given as mean±standard deviation
p-value by ANOVA

Table 7. Average power of trunk flexors and trunk extensors according to angular velocity (unit: watts)

Subjects	60°/sec				120°/sec			
	Flexor	p-value	Extensor	p-value	Flexor	p-value	Extensor	p-value
Normal	129±24		126±28		286±52		250±58	
Post-operative	129±34	0.9761	107±32	0.0400	249±49	0.0270	183±53	0.0005

Values are given as mean±standard deviation
p-value by ANOVA

과 통계적으로 매우 유의한 차이를 보였고($p<.01$), 운동 속도 120°/sec에서는 대조군의 굴곡근과 신전근 모두 환자군과 통계적으로 매우 의미있는 차이를 나타냈다($p<.01$).

5. 체중에 대한 총일량의 비율(Total Work % by Body Weight)

운동속도 60°/sec에서 체중에 대한 총일량비는 정상대조군의 체간 굴곡근과 신전근이 각각 125%, 121%이었고, 수술후 환자군의 체간 굴곡근과 신전근은 각각 116%, 97%이었으며, 운동속도 120°/sec에서 체중에 대한 총일량비는 정상대조군의 체간 굴곡근과 신전근이 각각 137%, 119%이었으며, 수술후 환자군의 체간 굴곡근과 신전근은 각각 114%, 84%이었다(Table 6).

운동속도 60°/sec와 120°/sec에서 대조군과 환자군 모두 체간 굴곡근의 체중에 대한 총일량비는 신전근의 체중에 대한 총일량비보다 높았으며, 대조군의 체간 굴곡근과 신전근의 체중에 대한 총일량비는 환자군의 체간 굴곡근과 신전근의 체중에 대한 총일량비보다 높았으나, 운동속도 60°/sec에서는 대조군의 신전근만이 환자군의 신전근과 통계적으로 매우 유의한 차이를 보였고($p<.001$), 운동속도 120°/sec에서는 대조군의 굴곡근과 신전

근 모두 환자군과 통계적으로 매우 의미있는 차이를 나타냈다($p<.001$).

6. 일률(Average Power)

일률은 운동속도 60°/sec에서 정상 대조군의 체간 굴곡근과 신전근이 각각 129watts, 126watts이었고, 수술후 환자군의 체간 굴곡근과 신전근은 각각 129watts, 107watts이었으며, 운동속도 120°/sec에서는 정상 대조군의 체간 굴곡근과 신전근이 각각 286watts, 250watts이었고, 수술후 환자군의 체간 굴곡근과 신전근은 각각 249watts, 183watts이었다(Table 7).

운동속도 120°/sec에서의 대조군과 환자군의 체간 굴곡근과 신전근의 체중에 대한 일률의 비는 운동속도 60°/sec에서의 대조군과 환자군의 체간 굴곡근과 신전근의 체중에 대한 일률의 비보다 거의 2배정도 높았고, 운동속도 60°/sec와 120°/sec에서 대조군과 환자군 모두 체간 굴곡근의 일률이 신전근의 일률보다 높았으며, 운동속도 60°/sec에서 대조군의 체간 굴곡근의 일률은 환자군의 체간 굴곡근의 일률과 동일하였고, 대조군의 체간 신전근의 일률은 환자군의 체간 신전근의 일률보다 통계적으로 유의하게 높았으며($p<.05$), 운동속도 120°/sec에서는 대조군의 체간 굴곡근의 일률이 환자군의 체간 굴곡근의 일률

Table 8. Average power % by body weight of trunk flexors and extensors according to angular velocity (unit: %)

Subjects	60°/sec				120°/sec			
	Flexor	p-value	Extensor	p-value	Flexor	p-value	Extensor	p-value
Normal	88±13		86±16		197±28		171±31	
Post-operative	86±16	0.5501	71±16	0.0050	167±18	0.0004	124±36	0.0001

Values are given as mean ± standard deviation
p-value by ANOVA

보다 유의하게 높았고(p<.05), 대조군의 신전근의 일률은 환자군보다 통계적으로 매우 유의하게 높았다(p<.001).

7. 체중에 대한 일률의 비(Average Power % by Body Weight)

체중에 대한 일률의 비는 운동속도 60°/sec에서 정상 대조군의 체간 굴곡근과 신전근이 각각 88%, 86%이었고, 수술후 환자군의 체간 굴곡근과 신전근은 각각 86%, 71%이었으며, 운동속도 120°/sec에서 정상 대조군의 체간 굴곡근과 신전근이 각각 197%, 171%이었고, 수술후 환자군의 체간 굴곡근과 신전근은 각각 167%, 124%이었다(Table 8).

운동속도 120°/sec에서의 대조군과 환자군의 체간 굴곡근과 신전근의 체중에 대한 일률의 비는 운동속도 60°/sec에서의 대조군과 환자군의 체간 굴곡근과 신전근의 체중에 대한 일률의 비보다 거의 2배정도 높았고, 운동속도 60°/sec와 120°/sec에서 대조군과 환자군 모두 체간 굴곡근의 체중에 대한 일률의 비는 신전근의 체중에 대한 일률의 비보다 높았으며, 대조군의 체간 굴곡근과 신전근의 체중에 대한 일률의 비는 환자군의 체간 굴곡근과 신전근의 체중에 대한 일률의 비보다 높았으나, 운동속도 60°/sec에서는 대조군의 신전근만이 환자군의 신전근보다 통계적으로 매우 유의하게 높은 것으로 나타났고(p<.01), 운동속도 120°/sec에서는 대조군의 굴곡근과 신전근 모두 환자군보다 통계적으로 매우 의미있게 높은 것으로 나타났(p<.001).

8. 최대우력가속도에너지 (Peak Torque Acceleration Energy)

최대우력가속도에너지는 운동속도 60°/sec에서 정상 대조군의 체간 굴곡근과 신전근은 각각 14.5ft-lbs, 13.8ft-lbs이었고, 수술후 환자군의 체간 굴곡근과 신전근은 각각 13.2ft-lbs, 8.6ft-lbs이었으며, 운동속도 120°/sec에서

정상 대조군의 체간 굴곡근과 신전근은 각각 32.4ft-lbs, 4.2ft-lbs이었고, 수술후 환자군의 체간 굴곡근과 신전근은 각각 24.4ft-lbs, 15.7ft-lbs이었다(Table 9).

운동속도 120°/sec에서의 대조군과 환자군의 체간 굴곡근과 신전근의 최대우력가속도에너지는 운동속도 60°/sec에서의 대조군과 환자군의 체간 굴곡근과 신전근의 최대우력가속도에너지보다 거의 2배정도 높았고, 운동속도 60°/sec와 120°/sec에서 대조군과 환자군 모두 체간 굴곡근의 최대우력가속도에너지가 신전근의 최대우력가속도에너지보다 높았으며, 대조군의 체간 굴곡근과 신전근의 최대우력가속도에너지는 환자군의 최대우력가속도에너지보다 높았으나, 운동속도 60°/sec에서는 대조군의 신전근만이 환자군의 신전근보다 통계적으로 매우 유의하게 높은 것으로 나타났고(p<.001), 운동속도 120°/sec에서는 대조군의 굴곡근과 신전근 모두 환자군보다 통계적으로 매우 의미있게 높은 것으로 나타났(p<.001).

9. 근 지구력율(Muscle Endurance Ratio)

근 지구력율은 빠른 운동속도에서 체간의 굴곡근과 신전근 20회 반복운동하게 하고, 그 중에서 처음 4회 반복운동을 했을 때 얻어졌던 총일량에 대한 마지막 4회 반복운동에서 얻어진 총일량을 백분율로 계산하여 구한 것으로 운동속도 120°/sec에서 정상 대조군의 근지구력율은 체간 굴곡근이 85%이었고, 체간 신전근은 73%이었으며, 수술후 환자군의 근지구력율은 체간 굴곡근이 86%이었고, 체간 신전근은 75%이었으며, 운동속도 120°/sec에서 수술후 환자군의 체간 굴곡근과 신전근의 근지구력율이 정상 대조군의 체간 굴곡근과 신전근의 근지구력율보다 높았으나 통계적으로 유의한 차이는 없었다(Table 10).

10. 최대우력, 총일량, 일률에서 체간 신전근에 대한 굴곡근의 비

운동속도를 60°/sec로 하였을 때, 체간 신전근의 최대

Table 9. TAE* of trunk flexors and trunk extensors according to angular velocity (unit: ft-lbs)

Subjects	60°/sec				120°/sec			
	Flexor	p-value	Extensor	p-value	Flexor	p-value	Extensor	p-value
Normal	14.5±5.0		13.8±5.4		32.4±6.4		24.2±8.0	
Post-operative	13.2±4.5	0.4048	8.6±2.6	0.0011	24.4±5.4	0.0002	15.7±5.2	0.0006

Values are given as mean ± standard deviation
p-value by ANOVA

*Peak Torque Acceleration Energy

Table 10. Endurance ratio of trunk flexors and trunk trunk extensors at angular velocity 120°/sec (unit: %)

Subjects (yrs)	120°/sec			
	Flexor	p-value	Extensor	p-value
Normal	85±3		73±7	
Post-operative	86±7	0.3132	75±7	0.4456

Values are given as mean ± standard deviation
p-value by ANOVA

Table 11. Ratio of trunk flexors to trunk extensors on peak torque, total work and average power at angular velocity 60°/sec (unit: %)

Subjects (yrs)	60°/sec					
	P.T*	p-value	T.W**	p-value	A.P***	p-value
Normal	90±17		104±15		104±17	
Post-operative	113±28	0.0009	122±26	0.0056	124±30	0.0063

*Peak Torque **Total Work ***Average Power

Values are given as mean ± standard deviation
p-value by ANOVA

우력에 대한 굴곡근의 최대우력비는 정상대조군이 90%, 수술후 환자군이 113%이었으며, 통계적으로 수술후 환자군이 매우 유의하게 높은 것으로 나타났고(p<.001), 체간 신전근의 총일량에 대한 굴곡근의 총일량의 비율은 정상대조군이 104%, 수술후 환자군이 122%으로 수술후 환자군이 통계적으로 매우 유의하게 높은 것으로 나타났으며(p<.01), 체간 신전근의 일률에 대한 굴곡근의 일률의 비율은 정상대조군이 104%, 수술후 환자군이 124%으로 수술후 환자군이 통계적으로 매우 유의하게 높은 것으로 나타났고(p<.01), 체간 신전근의 최대우력에 대한 체간 굴곡근의 최대우력 비율만이 100%이하였다(Table 11).

운동속도를 120°/sec로 하였을 때, 체간 신전근의 최대우력에 대한 굴곡근의 최대우력비는 정상대조군이 106%, 수술후 환자군이 125%이었으며, 통계적으로 수술후 환자군이 유의하게 높은 것으로 나타났고(p<.05), 체간 신전근의 총일량에 대한 굴곡근의 총일량의 비율은 정상대조군이 118%, 수술후 환자군이 141%으로 수술후 환자군이 통계적으로 매우 유의하게 높은 것으로 나타났으며(p<.01), 체간 신전근의 일률에 대한 굴곡근의 일률의 비율은 정상대조군이 118%, 수술후 환자군이 142%으로 수술후 환자군이 통계적으로 매우 유의하게 높은 것으로 나타났다(p<.01)(Table 12).

Table 12. Ratio of trunk flexors to trunk extensors on peak torque, total work and average power at angular velocity 120°/sec (unit: %)

Subjects (yrs)	60°/sec					
	P.T*	p-value	T.W**	p-value	A.P***	p-value
Normal	106±22		118±25		118±27	
Post-operative	125±30	0.0211	141±32	0.0102	142±33	0.0110

*Peak Torque **Total Work ***Average Power
 Values are given as mean±standard deviation
 p-value by ANOVA

Table 13. Correlation coefficient(r)* between peak torque of trunk extensors and trunk flexors according to angular velocity and body weight, height, age in normal subjects and post-operative

Variable	60°/sec				120°/sec			
	Flexor		Extensor		Flexor		Extensor	
	r	p-value	r	p-value	r	p-value	r	p-value
Normal								
- body weight	0.52	0.0028	0.45	0.0113	0.50	0.0046	0.50	0.0046
- age	-0.20	0.2713	-0.23	0.2181	-0.28	0.1276	-0.44	0.0135
- height	0.68	0.0001	0.57	0.0008	0.66	0.0001	0.41	0.0207
Patient								
- body weight	0.78	0.0006	0.48	0.0717	0.89	0.0001	0.37	0.1775
- age	-0.48	0.0697	-0.66	0.0076	-0.45	0.0893	-0.64	0.009

* Pearson correlation coefficient

11. 체중, 신장, 연령과 체간 신전근, 굴곡근의 최대우력과의 선형상관관계

정상 대조군은 운동속도 60°/sec와 120°/sec에서 체간 신전근과 굴곡근의 최대우력이 체중, 신장과 순상관관계에 있고, 연령과는 역상관관계에 있으며, 연령은 운동속도 120°/sec에서 체간 신전근의 최대우력과의 선형상관관계에 통계적 유의성이 있었고(p<.05), 체중, 신장은 운동속도 60°/sec와 120°/sec에서 체간 신전근과 굴곡근의 최대우력과의 선형상관관계에 통계적 유의성이 있었다(p<.05).

수술후 환자군은 운동속도 60°/sec와 120°/sec에서 체간 신전근과 굴곡근의 최대우력이 체중과 순상관관계에 있고, 연령과는 역상관관계에 있으며, 체중은 운동속도 60°/sec와 운동속도 120°/sec에서 체간굴곡근의 최대우력과의 선형상관관계에 통계적 유의성이 있었고(p<.001), 연령은 운동속도 60°/sec와 운동속도 120°/sec에서 체간 신전근의 최대우력과의 상관관계에 통계적 유의성이 있었다(p<.05)(Table 13).

IV. 고 찰

등속성운동의 개념은 1967년 운동훈련과 재활에 많은 공헌을 했던 Hislop과 Perrine(1967)에 의해 발전되었으며, 일정한 무게 또는 저항이 다양한 각도에서 수행되어졌던 전통적인 운동방법과는 달리 관절가동범위 전체를 통해 미리 정해진 일정한 운동속도에서 운동을 하고, 또한 정해진 속도에 따라 저항이 조절되는 운동방법이다. 이러한 등속성 운동은 근력에 대하여 외적저항을 줌으로써 일정한 각속도를 유지하게 하므로 등장성운동에서 볼 수 있는 관성의 영향을 거의 받지않고 전 관절운동범위에서 최대의 힘을 낼 수 있기 때문에 근력강화에서도 다른 운동보다 뛰어난 효과가 있으며(Goslin과 Charteris, 1979), 객관적인 근력평가방법으로도 널리 이용되어 우력(torque), 일량(work), 일률(power), 관절각도 및 관절운동범위의 측정에 그 신뢰도가 매우 높음이 입증되고 있다(Davies, 1987).

동속성운동에 의한 근력평가는 작용근의 길이와 단면적, 회전축으로부터의 거리, 검사운동 반복횟수, 검사운동속도 및 환자의 위치에 따라 검사결과가 다르고, 최대우력 측정시 측정자세가 측정치에 상당한 영향을 주므로 측정자세를 표준화하거나 측정자세를 명시하는 것이 필요하다(Dvir, 1995).

동속성운동기기의 회전축 위치에 대한 선행연구에서 Thorstensson와 Nilsson(1982)은 회전축을 대퇴골 대전자보다 L2~L3사이에 일치하도록 했을 때, 체간 굴곡근과 신전근의 근력이 현저하게 증가되었고, 신전근보다 굴곡근의 근력이 더 증가되었다고 보고했으며, Thorstensson와 Arvidson(1982)은 회전축을 대퇴골 대전자와 일치하게 했을 때는 정상 대조군에 비해 환자군에서 체간 굴곡근의 근력이 현저하게 낮았지만, 회전축을 L2~L3사이에 위치하게 하자 거의 차이가 없어졌다고 보고했고, Grabiner 등(1990)은 회전축의 중심을 하부장골극, 대전자 및 상전장골극에 각각 일치시킨 후 검사한 것을 비교한 결과, 통계적 분석에서 유의한 차이는 없었지만, 상전장골극이 회전축의 중심으로 가장 좋은 위치라고 보고하였으며, Delitto 등(1991)은 좌우 장골능의 높이와 일치하여 쉽게 위치를 찾을 수 있는 L4~L5에 회전축의 중심을 일치시키고 검사하였지만, 대부분의 연구에서는 L2~L3보다 위치선택이 용이하여 일관성 있는 검사를 실시할 수 있는 L5~S1에 회전축의 중심을 일치시킬 것을 권장하였다(Jorome 등, 1991 ; Langrana와 Lee, 1984 ; Langrana 등, 1984 ; Mayer 등, 1985). 따라서, 본 연구에서도 회전축의 중심을 L5~S1사이에 일치하도록 위치하게 하고 검사를 하였다.

초기의 동속성 운동 근력평가에서는 중력효과(gravity effect)를 배제하기 위해 검사대상자를 측위위(sidelying position)에서 검사하였으나(Thorstensson과 Nilsson, 1982) 비기능적 위치로 측정시 복잡한 방법이 요구되어 현재는 사용하지 않고 있고, Langrana 등(1984)은 앉은 자세와 기립자세에서 검사를 실시한 결과, 앉은 자세에서보다 기립자세에서 신전근과 굴곡근의 근력이 강하게 나타났다. 앉은 자세에서 측정된 굴곡근의 근력은 기립자세 때의 50%정도였는데 이는 장요근의 작용에 의한 것이라고 보고했으며, Dvir(1995)는 기립자세보다 앉은 자세가 굴곡과 신전의 가동범위가 더 허용되므로 검사에 적합한 자세라고 했지만, 본 검사에서는 검사에 이용된 동속성 운동기기의 사용법에 따라 무릎을 15도 굴곡시키고, 슬관절을 고정시킨 기립자세에서 실시하였다.

검사자세 다음으로 중요한 것은 골반을 위시하여 신체 부위를 고정하는 것으로 정확하게 고정을 하지 않으면, 대상작용이 일어나 측정된 결과가 달라지게 된다고 했다(1995). Smidt 등(1989)과 Timm(1988)은 실험한 결과 체간근육의 근력이 최대로 평가되기 위해서는 회전축에서 원위부에 있는 주요 관절부위를 고정시켜야 한다고 보고했으므로 본 연구에서는 슬관절과 상부흉추관절을 패드로 고정시킨 후 검사를 했다.

검사운동 속도에 대해서 Parnianpour 등(1988)은 일상생활에서 체간의 굴곡과 신전의 속도는 약 60°/sec라고 했고, Marras과 Wongsam(1986)은 요통환자군의 체간 굴곡과 신전속도는 30°/sec이고, 정상대조군은 100°/sec로 환자군의 굴곡, 신전 속도가 현저하게 감소된다고 보고했으며, Dvir(1995)는 동속성 운동 근력평가에서 운동속도는 검사대상자가 최대근력을 발휘하고 유지할 수 있는 능력에 따라 결정되는 것이라고 하였고, 요부손상이 완전히 회복되지 않은 경우는 60°/sec이상으로 검사하면 체기능을 발휘하지 못한다고 했으며, 정상이거나 완전히 회복된 경우는 90~180°/sec로 검사하는 것이 적당하다고 보고했다. Newton 등(1993)은 운동속도 60°/sec, 90°/sec, 120°/sec에서 검사하는 것이 가장 합리적이라고 했으며, 서동원 등(1995), 이상헌, 김세주(1994), Mayer 등(1985)과 Smith 등(1985)은 운동속도 30°/sec, 60°/sec, 120°/sec에서 검사하였고, Delitto 등(1991)은 운동속도 60°/sec, 120°/sec, 180°/sec에서 검사하였지만, 본 연구에서는 Newton 등(1993)의 검사운동속도에서 검사대상자의 체력을 고려하여 90°/sec을 제외하고, 운동속도 60°/sec, 120°/sec에서 검사하였다.

우력은 인체의 관절운동에서와 같이 축(axis)을 중심으로 회전운동이 일어날 때, 어떤 물체를 움직일 수 있는 힘(moment of force)을 말하고, 축에서부터 힘이 가해지는 지점까지의 거리와 가해지는 힘을 곱하여 산출(distance force)하는데 feet-pound의 단위를 사용하며, 동속성운동 근력평가에서는 근력을 우력으로 표시하고, 우력중에서 가장 수치가 큰 최대우력(peak torque)을 검사대상근육의 힘으로 삼고 있다(Fillyaw, 1986). 체간 회전근과 측굴근은 좌우의 근력이 거의 동일하고(Thorstensson과 Nilsson, 1982), 요통환자에서도 좌우의 근력이 동일하게 감소하며(Thorstensson과 Arvidson, 1982), 근력의 감소가 체간 굴곡근과 신전근에 비해 현저하게 작기(Mayer 등, 1985)때문에 굴곡근과 신전근의 근력을 평가하여 비교하는 것보다 임상적으로 그 의미에

대한 신뢰성이 작다(Dvir, 1995). 그러므로, 본연구에서는 굴곡근과 신전근만을 대상으로 검사를 하였다.

최대우력치는 동적인 상태에서의 근장력을 나타내며, 해부학적, 역학적, 생리학적 여러 인자들, 즉 근육의 횡단면적, 길이-장력관계, 연령, 신장, 체중, 검사운동 속도, 검사방법 및 중력(gravity effect torque) 등에 의하여 영향을 받는다(Diffrient 등 1978).

Diffrient 등(1978)은 여자의 경우 체중에 63%, 남자의 경우 체중에 67%를 차지하는 체간의 무게가 기립자세와 앉은자세에서 검사할 때 중력모멘트로 작용하게 된다고 했고, 신장 180cm, 체중 80kg인 성인남자의 경우, 운동속도 30°/sec의 체간 굴곡에서 중력모멘트는 90Nm이며, 이것을 최대굴곡모멘트에서 빼고, 최대신전모멘트에 더하는 중력보정을 하지 않으면 항상 굴곡근의 최대근력은 과장되고, 신전근의 최대근력은 과소평가된다고 했으며, 요추부의 근력측정시 중력의 영향을 제거하고 검사하거나 자료처리시에 이를 교정하면, 신근에 대한 굴근의 근력비가 증가하였다는 보고도 있었으나(Thorstensson과 Nilsson, 1982) 본 연구에서는 중력의 영향이 배제되지 않았다.

체간 굴곡근과 신전근의 최대우력에 대한 선행연구에서 Dvir(1995)는 일반적으로 검사에 이용되는 운동속도에서 정상인을 대상으로 측정된 체간 신전근의 근력은 굴곡근의 근력보다 크다고 했고, 각각 다른 운동속도에서 측정된 체간 굴곡근과 신전근의 최대우력은 현저하게 차이가 있으므로 서로 다른 운동속도에서 검사한 결과를 비교하는 것은 의미가 없다고 했으며, Newton 등(1993)은 정상군과 환자군의 근력은 유의한 차이가 있다고 보고했고, Smidt 등(1989)은 체간 굴근과 신근의 최대우력치의 차이는 환자군에 비해 정상군이 50%이상 높았다고 보고했으며, Kahanovitz 등(1989)은 추간판탈출증 환자의 수술후 4~6주 및 1~2년후에 앉은 자세에서 30°/sec로 복근과 등배근의 등속성, 등척성 근력을 측정하고, 기립자세에서 지구력을 측정한 결과, 수술적 후에는 근력과 지구력이 정상인에 비하여 50~71% 감소되어 있는 것을 밝혀 내었으며, 1년이후에도 30%이상 감소되어 있었다고 보고했고, 이상현, 김세주(1994)의 연구에서는 정상대조군의 체간 신전근의 최대우력이 굴곡근보다 높았으나, 환자군에서는 굴곡근의 근력이 신전근보다 높았으며, 정상대조군의 굴곡근과 신전근의 최대우력이 환자군보다 높았다고 보고했는데 본 연구결과에서도 이상현, 김세주(1994)의 연구와 일치된 결과가 나타났으나, 본 연

구에서는 신전근의 최대우력에서 대조군이 환자군보다 통계적으로 유의하게 높았고($p < .05$), 굴곡근에서는 통계적 유의성이 없었다.

Mayer 등(1985)은 체중에 대한 최대우력비율을 측정 한 결과, 요통환자군의 경우 운동속도 60°/sec에서 굴곡근 53%, 신전근 44%, 운동속도 120°/sec에서 굴곡근 28%, 신전근이 22%이라고 보고했고, Reid 등(1991)은 요통환자군의 체중에 대한 최대우력을 최대노력(maximal effort)으로 측정한 결과, 운동속도 60°/sec에서 굴곡근이 53%, 신전근이 44%였는데 반하여 최대하노력(submaximal effort)으로 측정한 결과, 운동속도 60°/sec에서 굴곡근 53%, 신전근이 43%이었다고 보고했으며, Smith 등(1985)은 체중에 대한 최대우력을 측정한 결과, 정상대조군의 경우 운동속도 60°/sec에서 굴곡근 94%, 신전근 121%, 운동속도 120°/sec에서 굴곡근 90%, 신전근이 110%이라고 보고했고, Delitto 등(1991)은 정상대조군의 경우 운동속도 60°/sec에서 굴곡근 81%, 신전근 111%, 운동속도 120°/sec에서 굴곡근 79%, 신전근 99%로 보고했으며, 이상현, 김세주(1994)는 정상대조군의 경우 운동속도 60°/sec에서 굴곡근 81%, 신전근 86%, 운동속도 120°/sec에서 굴곡근 77%, 신전근 74%로 보고했고, 요통환자군의 경우는 운동속도 60°/sec에서 굴곡근 77%, 신전근 65%, 운동속도 120°/sec에서 굴곡근 66%, 신전근 56%이라고 보고했으며, 본 연구결과에서는 정상대조군의 경우 운동속도 60°/sec에서 굴곡근 98%, 신전근 112%, 운동속도 120°/sec에서 굴곡근 114%, 신전근 109%이었고, 요통환자군의 경우는 운동속도 60°/sec에서 굴곡근 92%, 신전근 85%, 운동속도 120°/sec에서 굴곡근 99%, 신전근 83%로 정상대조군의 체중에 대한 최대우력비율이 환자군보다 높게 나타나 선행 연구결과와 일치하였다(이상현과 김세주, 1994 ; Delitto 등, 1991 ; Mayer 등, 1985 ; Smith 등 1985 ; Reid 등 1991).

선행 연구결과에서는 신전근과 굴곡근의 체중에 대한 최대우력비율이 검사운동속도가 빨라질수록 감소하였는데 본 연구결과에서는 정상대조군의 신전근은 속도가 빨라질수록 감소하였으나 정상대조군의 굴곡근과 환자군의 신전근과 굴곡근의 체중에 대한 최대우력비율은 검사운동속도가 빨라질수록 증가하였다. 또한, 본 연구결과와 이상현, 김세주(1994)의 보고에서는 정상대조군의 경우 60°/sec에서는 신전근의 체중에 대한 최대우력비율이 높고, 120°/sec에서는 굴곡근이 높았으나 선행연구보고에서는 60°/sec와 120°/sec에서 모두 신전근이 높았으며

(Delitto 등, 1991 ; Mayer 등, 1985 ; Smith 등 1985 ; Reid 등 1991), 환자군의 경우는 본 연구결과와 선행연구 보고에서 모두 굴곡근의 체중에 대한 최대우력비율이 신전근보다 높았다(이상현과 김세주, 1994 ; Delitto 등, 1991 ; Mayer 등, 1985 ; Smith 등 1985 ; Reid 등 1991).

체간 신전근과 굴곡근간의 최대우력치의 비교에는 굴곡근과 신전근의 비가 많이 이용되며, 신전근의 최대우력에 대한 굴곡근의 최대우력비 또한 등속성 운동평가에서 중요한 기준척도 중의 하나이다(Baltzopoulos와 Brodie, 1989). 요통환자에서 체간 신전근과 굴곡근의 근력약화를 비교한 선행연구 중에는 신전근의 최대우력이 굴곡근보다 더 약하다고 보고한 것이 많지만(McNeil 등, 1980 ; Smidt, 1980 ; Langrana와 Lee, 1984 ; Mayer 등, 1986), 신전근과 굴곡근의 근력이 거의 같다는 보고도 있었고(Langrana와 Stover, 1979), Thompson 등(1985)은 120°/sec에서는 굴곡근이 신전근보다 더 강하고, 90°/sec에서는 굴곡근과 신전근의 근력이 같고, 30°/sec에서는 신전근이 더 강하다고 보고하면서 속도에 따른 근력의 차이는 고속도 운동에서 관성의 영향을 더 받기 때문이라고 했으며, 이상현, 김세주(1994)의 연구에서는 정상대조군 경우 30°/sec에서 87%, 60°/sec에서 94%, 120°/sec에서 115%로 검사운동 속도가 빠를수록 신전근의 최대우력이 감소하였고, 환자군 경우 30°/sec에서 133%, 60°/sec에서 133%, 120°/sec에서 129%로 검사운동 속도에 관계없이 신전근에 대한 굴곡근의 최대우력비는 거의 일정하였다. 본 연구에서는 정상대조군 경우 60°/sec에서 90%, 120°/sec에서 106%로 Thompson 등(1985)과 이상현, 김세주(1994)의 연구 보고와 일치하였고, 환자군 경우 60°/sec에서 113%, 120°/sec에서 125%으로 환자군에서는 굴곡근이 신전근보다 더 현저하게 강했다는 선행연구보고(Thorsensson과 Arvidson, 1982 ; Parnianpour 등, 1988 ; Newton 등, 1993 ; Fillyaw 등 1986)와 일치하였다 ($p < .05$).

근력과 운동속도와의 관계에 대한 선행연구에서 Mayer 등(1985)은 요통환자군에서 남자환자의 굴곡근의 경우, 운동속도 30°/sec에서 체중에 대한 모멘트의 평균이 정상 대조군의 약 60%이었던 것이 운동속도 120°/sec에서는 30%로 하락했으며, 나이, 성별에 관계없이 고속도에서 근력의 하락(high velocity drop-off)이 있다고 했고, 이 하락은 운동속도 60°/sec이하의 저속도보다 90°/sec이상의 고속도에서 신전근의 최대우력이 더 현저하게 감소했다고 하고, 이것은 신전근이 굴곡근에 비해 빠른

수축섬유(fast twitch fibers)를 적게 함유하고 있고, 저속도에서 고속도로 속도가 증가되려면 가속에 필요한 힘(acceleration and higher initial force)이 요구되는데 이러한 급격한 힘이 신체구조에 부과되어 통증이 일어나는 것을 방지하려는 신경근육억제(neuromuscular inhibition) 작용에 기인한 것이라고 보고했다.

Dvir 등(1991)은 슬관절 신전근의 실험을 통해 고속도에서 근력하락은 초기의 강자극(initial high stress)에 적용하기 위한 것이라고 했으며, Thorstensson 등(1976)은 저속도운동에서는 느린 수축 근섬유(slow-twitch fiber: Type I)와 빠른 수축 근섬유(fast-twitch fiber: Type II)가 모두 수축하나 고속도운동에는 주로 빠른 수축 근섬유만 수축에 관여함으로써 운동속도가 빨라짐에 따라 우력이 감소한다고 했고, Barnes(1980)의 근수축 속도에 따른 근전도상의 운동단위활성과 등속성운동상의 우력간의 관계에 대한 연구에서 운동속도가 빠를수록 우력과 운동전기활동이 감소됨을 보고했으며, 운동속도가 빨라지면 근력이 감소하는 것은 수축이 느린 근섬유에 의한 근력발생이 감소되고, 또한 근섬유의 액틴과 마이오신이 교차연결(crossbridge)을 형성하기 위한 시간이 충분치 않은 데서 연유된 결과라고 했고, 서 등(1995)과 이상현 김세주(1994)의 연구에서도 정상대조군과 환자군에서 검사운동속도가 고속도일수록 신전근과 굴곡근의 최대우력이 감소되었지만, 본 연구에서는 정상대조군과 환자군의 경우 굴곡근의 최대우력이 60°/sec에 비해 120°/sec에서 오히려 증가하고, 신전근은 감소하여 굴곡근이 신전근보다 더 강하게 나타났다. 이것은 Thompson 등(1985)이 120°/sec에서는 굴곡근이 신전근보다 더 강하다고 보고한 것과는 일치되지만, 고속도일수록 최대우력이 감소한다는 보고와는 일치하지 않았다.

길항근간의 우력비와 부상발생 가능성과의 관계에 대해 Mayer 등(1985)은 요부 손상환자에서 굴근에 대한 신근의 최대우력비가 1.3이하로 감소한 것을 보고했고, 신전근의 근력이 더 감소한 것은 근위축(muscle atrophy)와 신경근육억제(neuromuscular inhibition)에 기인한 것이라고 하며, 굴근에 대한 신근의 최대우력비를 1.3:1 이 정상이라고 보고 이 비율 이하로 감소되는 것과 요통발생의 관련성을 지적했으나, Delitto 등(1989)은 이것에 대해 의문을 나타냈으며, Reid 등(1991)은 환자가 최대노력(maximal effort)으로 검사에 임했을 때, 여자환자군에서는 감소되었으나 남자환자군에서는 감소가 없었고, 최대하노력(submaximal effort)으로 임했을 때는 남녀환자군

모두 감소를 보였다고 보고했다. Dvir(1995)는 요통환자의 체간근육의 근력은 일반적으로 정상대조군에 비해 감소되며, 특히 최대우력에서 그 차이가 분명하게 나타나고, 신전근의 근력이 굴곡근보다 현저하게 더 감소된다고 했다. 서동원 등(1995)과 이상현과 김새주(1994), 그리고 본 연구에서는 정상대조군의 신전근에 대한 굴곡근의 최대우력비는 운동속도 60°/sec에서는 90%~98%로 신전근이 강하지만 운동속도 120°/sec에서는 106%~115%로 신전근이 약한 것으로 나타나 Thompson 등(1985)의 연구보고와 일치하였으나, Mayer 등(1985)의 보고와는 차이가 있었고, 환자군의 경우는 60°/sec에서 100%~133%, 120°/sec에서는 125%~129%로 굴곡근이 강한 것으로 나타나고, 신전근의 최대우력이 굴곡근보다 현저하게 더 감소하여 Delitto 등(1989)과 Mayer 등(1985)의 연구보고와 일치하였다.

최대우력과 체중, 신장, 나이와의 관계에 대해서 Newton 등(1993)은 체중과 근력은 유의한 상관관계에 있다고 했고, Jerome 등(1991)은 체중이 나이와 신장보다 최대근력에 미치는 영향력이 크지만 체중이 증가한다고 해서 반드시 최대근력이 증가하지는 않는다고 했으며, Delitto 등(1989)은 체중과 근력은 여자의 경우는 거의 상관성이 없고, 남자의 경우도 유의한 상관성은 없지만, 체중에 나이 등의 요인이 추가되면 그 영향력이 증가한다고 보고했고, Langrana 등(1984)은 나이는 근력과 역상관관계에 있으며, 30대와 50대사이에서 그 차이가 현저하게 나타난다고 했고, Timm(1988)은 20대에서 30대사이에서는 나이의 증가에 따라 근력이 증가하는 순상관관계에 있고, 30세이후부터 역상관관계에 있다고 했으며, Smith 등(1989)과 Mayer 등(1985)은 요통환자의 경우에는 나이에 관계없이 전 세대에서 거의 똑같은 근력을 나타냈다고 보고했다. 본 연구결과에서는 체중과 신장은 최대우력과 순상관관계에 있고, 환자군의 신전근을 제외하고, 통계적으로 유의한 상관성을 나타냈으며($P<.05$), 나이는 최대우력과 역상관관계로 Langrana 등(1984)의 보고와는 일치했고, Timm(1988)의 보고와는 일치하지 않았으며, 환자군의 경우 신전근에서 통계적으로 유의한 상관성을 나타냈으며($P<.05$), 정상대조군의 경우는 120°/sec의 신전근에서만 통계적으로 유의한 상관성을 나타냈다($P<.05$).

대다수의 근육들은 안정된 때의 길이(resting length)에서 최대장력을 나타내므로 임상적으로 등장성 운동(isotonic exercise)을 실시하는 경우에는 관절의 각도가

최대장력을 결정하는 큰 인자로 작용하고, 근기능을 평가하는데 있어서 관절각도는 수축하는 근육의 기계적 특성에 대한 정보를 제공하기 때문에 최대 등속성 우력치를 나타내는 관절각도의 평가는 중요하며(Baltzopoulos와 Brodie, 1989), 관절각도와 우력치와의 관계는 근육의 횡단면적, 근육의 길이-장력관계, 지렛대 장치의 기계적 특성 등에 의하여 결정되므로 한 근육의 우력과 관절각도와의 관계를 아는 것은 임상적인 면과 인체공학면에서도 매우 유용하다(Knapik 등, 1983). Moffroid 등(1989)은 운동속도 증가에 따른 최대 등속성 우력치를 보이는 관절각도의 변화에 대하여 근수축요소의 흥분이 지연되었기 때문이라고 하였고, Langrana 등(1984)은 요통환자에서 신전근이 최대우력치에 도달하는 각도가 정상치에 비해 늦어짐을 발견하고, 이는 신전근의 최대우력치에 도달하는 능력이 감소되었기 때문이라고 보고하였으며, Williams 등(1989)은 운동시 발생하는 우력은 운동의 관절각도에 따라 크기가 변화하며, 일반적으로 근육의 길이가 짧아지는 관절각도에서 우력이 감소된다고 보고했다.

본 연구결과에서 최대우력시의 관절각도는 굴곡근과 신전근에서 환자군이 정상대조군보다 늦어지는 것으로 나타나 Langrana 등(1984)과 Williams 등(1989)의 연구보고와 일치하였고, 또한, 검사운동 속도가 빨라짐에 따라 굴곡근과 신전근에서 최대우력시의 관절각도가 감소되는 것으로 나타났다. 즉, 운동속도를 증가시킴에 따라 신전근과 굴곡근의 최대우력치를 나타내는 관절각도가 점차 신전되는 방향으로 이동되었다. 이것은 윤 등(1990)이 슬관절의 신전근 경우, 최대우력치를 나타내는 관절각도가 점차 신전되는 방향으로 이동되는 역상관관계를 보였다는 보고와는 일치하지만, 굴곡근의 경우는 관절각도가 점차 굴곡되는 방향으로 이동되는 순상관관계를 보였다는 보고와는 일치하지 않았다.

근지구력은 근육이 동일한 일을 장시간 수행할 수 있는 능력을 의미하며, 근지구력을 고속도에서 시행하고, 저속도에서는 검사를 시행하지 않은 것은 20회 반복운동을 저속도에서 실시하였을 경우, 근육에 많은 피로를 줄 수 있기 때문이다. Newton 등(1993)은 지구력 비율은 근력을 정확하게 반영하지 못하고, 또한 신뢰성도 부족하여 각 개인의 근력약화를 평가하는데 이용하는 것은 부적당하다고 했다. 본 연구결과에서는 환자군의 체간 굴곡근과 신전근의 지구력율이 정상대조군의 지구력율과 차이는 크지 않으나 오히려 조금 더 높은 것으로 나타났

는데 정상대조군은 사무직 근로자로 평소 운동을 하지 않았고, 환자군은 수술후 4~6주간 계속 운동을 시행하였기 때문이라고 생각된다.

V. 결 론

요천추부에 외상이나 요통병력이 없는 사무직 근로자 중에서 22세부터 34세까지 남자 31명을 정상대조군으로 하고, 추간판탈출증 수술후 환자 중에서 20세부터 37세까지 남자 15명을 수술후 환자군으로 하여 등속성운동기기를 이용하여 검사운동속도 60°/sec과 120°/sec에서 체간 굴곡근과 신전근의 근력을 평가하여 비교하고, 나이, 체중, 신장과의 상관성을 조사하여 얻은 결론은 다음과 같다.

1. 정상대조군에 비해 수술후 환자군에서 체간 굴곡근과 신전근에 대한 최대우력치, 체중에 대한 최대우력의 비, 총일량, 체중에 대한 총일량의 비, 일률, 체중에 대한 일률의 비, 최대우력가속도에너지 등이 낮았으며, 굴곡근보다 신전근에서 정상대조군과 환자군사이에 현저한 차이가 있었고, 저속도 60°/sec보다 고속도 120°/sec에서 정상대조군과 환자군사이에 더 현저한 차이가 있었으며, 저속도 60°/sec의 굴곡근에서는 통계적 유의성이 없었으나 신전근과 고속도 120°/sec의 굴곡근과 신전근에서는 통계적으로 유의한 차이가 있었다(P<0.05).

2. 최대우력치를 나타내는 관절각도는 굴곡근에서 정상대조군에 비해 수술후 환자군이 컸으나 통계적 유의성은 없고, 신전근에서는 90% 유의수준에서 수술후 환자군이 정상대조군에 비해 작게 나타나 수술후 환자군이 정상대조군에 비해 굴곡근과 신전근의 최대우력치에 도달하는 관절각도가 늦다는 것과 굴곡근과 신전근의 최대우력치에 도달하는 능력이 특히, 신전근에서 감퇴된다는 것을 알 수 있었다.

3. 근지구력율은 정상대조군에 비해 수술후 환자군이 오히려 높게 나타났고, 통계적 유의성은 없는 것으로 나타나 근지구력율은 근력약화를 평가하는데 신뢰성이 부족하다는 것을 알 수 있었다.

4. 정상대조군에 비해 수술후 환자군에서 신전근에 대한 굴곡근의 최대우력비, 총일량의 비 및 일률의 비가 통계적으로 유의하게 높은 것으로 나타나(p<0.01), 수술후 환자군에서 굴곡근보다 신전근의 근력약화가 더 심하다는 것을 알 수 있었다.

5. 정상대조군에서는 신전근과 굴곡근 모두 최대우력

치와 신장 및 체중과는 통계적으로 유의한 순상관관계에 있고(p<0.05), 나이와는 역상관관계에 있었으며, 나이와 최대우력치는 120° 신전근에서 통계적 유의한 상관성이 있었다(p<0.05). 환자군에서도 신전근과 굴곡근 모두 체중과는 순상관관계에 있었으며, 나이와는 역상관관계에 있었고, 체중과 최대우력치와의 관계는 굴곡근에서 통계적으로 유의한 상관성이 있고(p<0.05), 나이와 최대우력치와의 관계는 신전근에서 통계적으로 유의한 상관성이 있었다(p<0.05).

체간근육의 근력과 지구력의 약화는 요부 손상의 원인이라고 되어 왔는데 이상의 결과로 볼 때, 수술후 환자군이 정상대조군보다 체간 신전근과 굴곡근의 근력이 약하고, 굴곡근보다 신전근에서 근력의 약화가 더 현저하다는 것은 확실한 것으로 사료되며, 추간판 수술후 환자의 재활치료에서 특히 신전근의 근력강화가 중요함을 알 수 있었다. 그러므로, 수술후 1차적 치료목표를 신전근의 근력강화로 정하고, 수술후 조기에 신전근의 근력강화운동을 우선적으로 시행하는 것이 필요하다고 사료된다.

참 고 문 헌

1. 강세운, 박주현, 황지혜: 주관절 신근 및 굴근의 등속성 근력평가, 대한재활의학회지, 15(1), 34~39, 1991.
2. 강세운, 배진홍, 김혜원: 건강한 한국 청년의 주관절 각도에 따른 완관절 굴근 및 신전근의 등속성 근력 평가, 대한재활의학회지, 14(1), 110~114, 1990.
3. 김진호, 한태룡, 이정무, 김상규: 한국 정상 성인의 견관절 주위 근육에 대한 등속성 근력평가, 대한재활의학회지, 13(1), 53~60, 1989.
4. 김희상, 김성운: 요통의 내과적 접근, 진단과 치료, 15(4), 407~420, 1995.
5. 서동원, 김명옥, 권희규: 만성요통환자에서 등속성운동 치료의 효과, 대한재활의학회지, 19(4), 853~859, 1995.
6. 석세일 등: 정형외과학, 최신의학사, 서울, 287~291, 1985.
7. 유병규, 정경수: 주관절 굴곡근과 신전근 및 요척관절 회외근과 회내근에 대한 등속성 근력 평가, 대한물리치료사학회지, 15(1), 43~51, 1994.
8. 윤승호, 남명호, 김은이: 충남의대 학생들의 슬관절주위근에 대한 등속성운동 평가, 대한재활의학회지, 14(2), 268~276, 1990.
9. 윤태식, 전세일, 신정순, 박병권: 대학축구선수와 일반

- 대학생의 슬관절 등속성운동 비교, 대한 재활의학회지, 14(2), 260~267, 1990.
10. 이상현, 김세주: 만성 요통환자의 요추부 굴근 및 신근의 등속성 운동 평가, 대한재활의학회지, 18(2), 248~255, 1994
 11. 전중선, 신정순, 전세일: 편마비환자에 대한 등속성운동치료의 효과, 대한재활의학회지, 15(1), 57~66, 1991.
 12. 한태륜, 김상규: 반월판절제술후의 슬관절부 근육의 등속성근력 평가, 대한재활의학회지, 14(1), 102~109, 1990.
 13. 한태륜, 방문석: 슬관절 퇴행성관절염 환자의 등속성근력 평가, 대한재활의학회지, 18(2), 328~332, 1994.
 14. Baltzopoulos V., Brodie D. A.: Isokinetic dynamometry applications and limitations, *Sports Med*, 8, 101~116, 1989.
 15. Barnes W. S.: The relationship of motor-unit activation isokinetic muscular contraction at different contractile velocities, *Phys. Ther.*, 60, 1152~1158, 1980.
 16. Beimbom D. S., Morrissey M. C.: A review of the literature related to trunk muscle performance, *Spine*, 13, 655~660, 1988
 17. Cady L. D., Bischoff D. P., O'Connell E. R., Thomas P. C., Allen J. H.: Strength and fitness and subsequent back injuries in firefighters, *J. Occup. Med.*, 21, 269~272, 1979.
 18. Cooper R. G., Clair Forbes W. S. T., Jayson M. I. V.: Radiographic demonstration of paraspinal muscles wasting in patients with chronic low back pain, *British J. of Rheumat.*, 31, 389~394, 1992.
 19. Davies G. J.: A compendium of isokinetics in clinical usage and rehabilitation technique, S & S Publishers, La Cross, 1987
 20. Delitto A., Crandell C. E., Rose J.: Peak torque to body weight ratios in the trunk: A critical analysis, *Physical Therapy*, 69, 138~143, 1989.
 21. Delitto A., Rose S. J., Crandell C. C., Strube M. J.: Reliability of isokinetic measurements of trunk muscle performance, *Spine*, 16:800~803, 1991
 22. Diffrient N., Tilley A. R., Bardagiy J. C.: *Humanscale 1/2/3*, MIT Press, Cambridge, Massachusetts, 1978.
 23. Dvir Z.: *Isokinetics: Muscle testing, interpretation and clinical applications*, Churchill Livingstone, New York, 145~169, 1995.
 24. Dvir Z., Helperin N., Shklar A., Robinson D.: Quadriceps function and patellofemoral pain syndrome, Part 2: Pain provocation during concentric and eccentric activity, *Isokinetics and Exercise Science* 1, 26~30, 1991.
 25. Fillyaw M., Bevins T., Fernandez L.: Importance of correcting isokinetic peak torque for the effect of gravity when calculating knee flexor to extensor muscle ratios, *Phys. Ther.*, 66, 23~31, 1986.
 26. Goslin, B. R., Charteris, J.: Isokinetic dynamometry: Normative data for clinical use in lower extremity (knee) cases, *Scand. J. Rehab. Med.*, 11, 105~109, 1979.
 27. Grabiner M. D., Jeziorowski J. J., Divekar A. D.: Isokinetic measurements of trunk extension and flexion performance collected with the biodex clinical data station, *J. Orthop. Sports Phys. Ther.*, 11, 590~598, 1990.
 28. Hansen, J. W.: Postoperative management in lumbar disc protrusions, *Acta. Orthop. Scand. Suppl.*, 71, 1~47, 1964.
 29. Hislop, H. J., Perrine, J. J.: The isokinetic concept of exercise, *Phys. Ther.*, 47, 114~117, 1967.
 30. Hultman G., Nordin M., Saraste H., Ohlson H.: Body composition, endurance, strength, cross-sectional area, and density of erector spinae in men with and without low back pain, *J. Spinal Disorders*, 5, 114~123, 1993.
 31. Jerome J. A., Hunter K., Gordon P., McKay N.: A new robust index for measuring isokinetic trunk flexion and extension: Outcome from a regional study, *Spine*, 16, 804~808, 1991..
 32. Kahanovitz N, Nordin M, Gallagher M, Viola K, A.: comparative analysis of post operative discectomy trunk strength and endurance, Presented at the American Academy of Orthopaedic Surgeons, Atlanta, Georgia, 1988.
 33. Kahanovitz, N., Viola, K., Gallagher, M.: Long-term strength assessment of postoperative discectomy patients, *Spine*, 14, 402~403, 1989.
 34. Knapik, J. J., Wright, J. E., Mawdsley, R. H., Braun, J.: Isometric, isotonic, and isokinetic torque variations in four muscle groups through a range of joint

- motion, *Phys. Ther.*, 63, 938~947, 1983
35. Langrana N. A., Lee C. K.: Isokinetic evaluation of trunk muscles, *Spine*, 9, 171~175, 1984.
 36. Langrana N. A., Lee C. K., Alexander H.: Quantitative assessment of back strength under isokinetic testing, *Spine*, 9, 287~290, 1984.
 37. Langrana N., Stover C. N.: Back strength assessment through isokinetic analysis. proceedings of the seventh annual New England (Northeast) Bioengineering Conference, Troy, New York, 1345~1348, 1979.
 38. Mayer T. G., Gatchel R. J., Kishino N., Keeley J., Mayer H., Capra P., Mooney V.: A prospective short-term study of chronic low back pain patients utilizing novel objective functional measurement, *Pain*, 25, 53~68, 1986.
 39. Mayer, T. G., Mooney, V., Gatchel, R. J., Baresn, D., Terry, A., Smith, S., Mayer, H.: Quantifying postoperative deficits of physical function following spinal surgery, *Clin. Orthop.*, 244, 147~157, 1989.
 40. Mayer T. G., Smith S. S., Keeley J., Grtchel R. J., Mooney V.: Quantification of lumbar function, Part 2: Sagittal plane trunk strength in chronic low back pain patients, *Spine*, 10, 765~772, 1985a.
 41. Mayer T. G., Smith S. S., Kondraske G., Grtchel R. J., Carmichael T. W., Mooney V.: Quantification of lumbar function, Part 2: Preliminary data on isokinetic torso rotation testing with myoelectric spectral analysis in normal and low back pain subjects, *Spine*, 10, 912~920, 1985b.
 42. Marras W. S., Wongsam P. E.: Flexibility and velocity of the normal and impaired lumbar spine, *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*, 67, 213~217, 1986.
 43. McNeil T., WarWick D., Andersson C., Schultq A.: Trunk strength in attempted flexion, extension, and lateral bending in healthy subjects and patients with low back disorders, *Spine*, 5, 529~538, 1980.
 44. Moffroid M. T., Whipple R., Hofksoh J., Lowmann E., Thistle H.: A study of isokinetic exercise, *Phys. Ther.*, 49(7), 739~749, 1989.
 45. Mostrardi R. A., Noe D. A., Kovacik M. W., Porterfield J. A.: Isokinetic lifting strength and occupational injury, *Spine* 17: 189~193, 1992.
 46. Newton M., Thow M., Somerville D., Henderson I., Waddell G.: Trunk strength testing with iso-machines, Part 2: Experimental evaluation of the Cybex II back testing system in normal subjects and patients with chronic low back pain, *Spine*, 18, 812~824, 1993.
 47. 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*, 9, 982~992, 1988.
 48. Reid S., Hazard R. G., Fenwick J. W.: Isokinetic trunk strength deficits in people with and without low back pain: A comparative study with consideration of effort, *Journal of Spinal Disorders*, 4, 68~72, 1991.
 49. Saal, J. A.: Dynamic muscular stabilization in the nonoperative treatment of lumbar pain syndromes, *Orthopaedic Review*, 19, 691~700, 1990.
 50. Saal, J. A., Saal, J. S.: Nonoperative treatment of herniated lumbar intervertebral disc with radiculopathy: An outcome study, *Spine*, 14, 431~437, 1990.
 51. Smidt G. L., Amundsen L. R., Dostal W. F.: Muscle strength at the trunk, *J. Orthor. Sports Phys. Ther.*, 1, 165~170, 1980..
 52. Smidt G. L., Blanpied P. R., White R. W.: Exploration of mechanical and electromyographic responses of trunk muscles to high intensity resistive exercises, *Spine*, 815~830, 1989.
 53. Smith S. S., Mayer T. G., Gatchel R. J., Becker T. J.: Quantification of lumbar function, Part 1: Isometric and multispeed isokinetic trunk strength measurements in sagittal and axial plane in normal subjects, *Spine*, 10, 757~764,
 54. Thompson N., Gould J. A., Davies G. J., Ross D. E., Price S.: Descriptive measures of isokinetic trunk testing, *J. Orthop. Sports Phys. Ther.* 7, 43~49, 1985.
 55. Thistle, H. G., Hislop, H. J., Moffroid, M., Lowman, E. W.: Isokinetic contraction: A new concept of resistive exercise, *Arch. Phys. Med. Rehabil.*, 48, 279~282, 1967.
 56. Thorstensson A, Arvidson A.: Trunk muscle strength and low back pain, *Scandinavian Journal of Rehabilitation Medicine*, 14, 69~75, 1982.

57. Thorstensson A., Karlsson J.: Fatiguability and fiber composition of human skeletal muscle, *Acta. Physiol. Scand.*, 98, 318~322, 1976.
58. Thorstensson A., Nilsson J.: Trunk muscle strength during constant velocity movements, *Scandinavian Journal of Rehabilitation Medicine* 14, 61~68, 1982.
59. Timm K. E.: Isokinetic lifting simulation: A normative data study, *Journal of Orthopaedic and Sports Physical Therapy*, 9, 156~166, 1988.
60. Williams M., Stutzman L.: Strength variation through the range of joint motion, *The Physical Therapy Review*, 39, 145~152, 1989.