편마비 환자의 고관절 굴근 및 신근의 등속성운동치료 효과에 관한 연구

김대경 · 조한석
동아대학교병원 재활의학과

Abstract

The Treatment Effects of Isokinetic Exercise on Iliopsoas and Gluteus Maximus in Hemiparesis

Dae Kyeong Kim, Han Seok Cho
Department of Rehabilitation Medicine, Dong A Unversity Hospital

In order to evaluate the effects or the effectiveness of applying isokinetic exercise in addition to routine rehabilitation treatment for hemiparesis for the improvement of muscle strength and function and in the motivation for recovery achievement, an experimental study was conducted with 20 hemiparesis hospitalized or receiving ambulatory care after discharge. 10 patients were randomly assigned to the control group receiving routine rehabilitation treatment plus isotonic exercise, and another 10 patients to the exercise group treated with isokinetic exercise using a Rehabilitation and Testing System(Model Cybex350), in addition to routine rehabilitation treatment for six weeks. The following results were obtained: 1. The gait speeds for 20m walking significantly increased in the exercise group after 6 weeks treatment as compared to the control($p<0.05$). 2. The circumferences of groin area measured at iliopsoas and gluteus maximus muscles increased more in both involved and uninvolved muscles of the exercise group than of the control group, without showing statistically significant differences. 3. The peak torques and the ratios of peak torque to body weight continuously increased during the treatment period of 6 weeks, and significantly increased in the exercise group as compared to the control group after 6 weeks($p<0.05$). 4. Measurement of total works showed significant increases at all angle speeds in involved iliopsoas muscle($p<0.05$), and also at 30° /sec and 60° /sec in gluteus maximus muscle($p<0.05$) for the exercise group as compared to the controls. 5. Average power improved to a great extent after 6 weeks, and the exercise group showed more significant increases at 60° /sec and 90° /sec in involved iliopsoas muscle and at 60° /sec in involved gluteus maximus muscle than the control group($p<0.05$). 6. The changes in torque acceleration energy did not show significant difference between two groups after 6 weeks, and, however, there were more increases overall in the exercise group than in the controls.

Key words: Hemiparesis, Peak torque, Peak torque to body weight ratio, Total work, Average power, Torque acceleration energy.

Ⅰ.서 론

1960년대 이후 활발히 연구 되어온 등속성 운동은 근력 및 지구력의 강화를 위해 널리 시행되며 근육 평가에 있어서도 신뢰성이 매우 높은 것으로(Budett와 Swearingen, 1987) 등속성운동의 아주 독특한 요소는 근육 동작수행에 있어서의 속도의 조절이며(Hislop과 Perrine, 1967) 이는 기계적인 mechanism을 통해 운동 속도를 임의로 고정시켜, 검사하고자 하는 근육이 전 가동관절범위의 어느 지점에서나 최대 수축력을 발휘할 수 있도록 하는 저항성운동의 하나로 Hislop과 Thistle 등(1967)에 의해 등속성운동 개념이 도입된 이래, 이를 이용한 근 생리 및 생역학적인 연구에 대한 보고가 국내외에서 활발하며, 등척성, 등장성, 등속성운동과의 객관적인 비교를 통해서 기존의 등장성 또는 등척성운동에 비하여 등속성운동이 모든 관절 각도에서 최고의 부하를 주면서도 안전하게 이용할 수 있는 효과적인 운동방법일 뿐만 아니라 근력강화의 현저한 효과 및 근력 평가시 근육의 힘과 지구력 및 관절운동 각도를 객관적이며 정확하게 측정할 수 있는 방법으로 인정하였다(Thistle 등, 1967; Moffroid 등, 1969).

등속성운동은 스포츠의학 영역에서 부상예방과 강한 조절력, 손상받은 운동선수의 평가와 재활치료 효과를 평가하는데 이용되어 선수관리와 기록향상에 매우 중요한 역할을 하고 있을뿐만 아니라 일반인을 대상으로한 운동 결과도 효과적인 것으로 보고되고 있으며(김진호와 김상범, 1987; 강세윤 등, 1986; 하권익 등, 1984; Mayer와 Gatchel, 1988; De Lateur 등, 1972), 국내에서는 주로 정상인이나 운동선수들을 대상으로한 운동평가에 사용되었으며(강성웅 등, 1991; 윤태식 등, 1990), 반월판 절제술 후 슬관절 근력평가나 동결견 환자에 대한 일반적인 치료후 효과를 판정하는데 사용되었다(한태륜 등, 1990; 김진호 등, 1988).

외상성뇌손상이나 뇌졸중으로 인한 편마비 환자를 대상으로 등속성운동 기계인 Cybex Ⅱ를 이용한 슬관절 근력 평가에서는 빠른 속도에서의 운동수행 능력이 느린 속도에서보다 더 힘들다고 하였으며(Watkins 등, 1984) 빠른속도에서 운동할 때 근육의 수축이 약하더라도 운동하기가 힘들다고 하였다(Bohannon, 1987).

근육의 강도는 많은 인체 계측적 특징 즉 연령, 신장, 체중 및 근육횡단면적 등의 영향을 받으며(Miyashita와 Kanehisa, 1979) 등속성운동에서는 운동속도가 정해진 속도에 미치지 못하게 되면 근육은 아무런 저항을 받지 않게 되며, 정한 속도보다 빨라질 때 비로소 이에 상응하는 저항이 생기게 된다(Ostering등, 1977). 등속성운동의 저항은 곧 근육에서 발생하는 힘이며, 이것은 기계에 흡수되어 우력(torque)으로 표시된다. 따라서 우력은 관절운동중 순간

마다 발생하는 힘을 의미하게 된다.

Perry(1969)는 외상성뇌손상 후에나 뇌졸중에 있어서 편마비는 보행에 심각한 영향을 미치며 비정상적인 보행의 원인이 되는 가장 흔한 신경학적 원인이 된다고 하였으며, Brandstater 등(1983)은 보행패턴에는, 감각장애보다는 운동장애가 더 많이 영향을 미치는 것을 발견하였다.

환자가 이동 시스템에 영향을 미치는 질환을 앓을 때, 환자의 일반적인 반응은 그런 상황에서도 보행을 가능하게 할뿐만 아니라 계속 걸을 수 있게 하기 위한 일련의 보상반응이 일어나는 것이다(Rose, 1983). 병적보행이란 비정상 보행을 말하며 신체장애를 극복하고 몸을 보호하기 위하여 취하는 대상성 보행자세라고 할 수 있다. 병적보행을 일으킬 수 있는 경우는 다양하며, 그중 고관절 굴근과 신근에 위약이 있을 경우 양상에 따라 체간의 전방 굴곡, 체간의 후방 굴곡, 척추 전만의 증가, 슬관절의 과신전 등이 보상기전으로 나타날 수 있다(김진호와 한태륜, 1997).

이에 본 연구에서는 편마비 환자를 대상으로 등속성운동치료와 재활치료를 병행한 실험군과 재활치료 외에 일반적인 등장성 운동을 실시한 대조군을 비교하여 고관절 굴곡근과 신전근의 근력증가 변화에 따른 등속성운동의 치료 효과를 평가함으로써 편마비 환자들에게 성취동기를 부여하고 근력의 개선을 통한 보행 및 기능회복에 일조를 하여 재활치료 분야에 필요한 기초자료를 제공하고자 하였다.

Ⅱ. 연구방법

1. 조사대상

1996년 10월22일부터 1997년4월7일까지 부산 D대학교병원의 신경외과, 신경과, 재활의학과에 입원중이거나 외래 통원치료중인 뇌수술유무와 상관없는 뇌졸중이나 외상성뇌손상 환자 중에서 의사 소통이 가능하고, 혼자서 20m보행이 가능하면서 고관절의 관절가동 범위에 제한이 없는 환자 가운데 등속성운동치료군과 대조군으로 각각 10명씩을 무작위 추출하였다.

2. 조사방법

1) 측정항목

환자들의 진료기록과 직접적인 질문을 통하여 환자들의 나이, 성별, 키, 몸무게, 주로 사용하는 신체부위, 학력, 직업, 발병일, 입원기간, 재활치료일수 등을 조사한 후 치료전과 후의 치료실 복도 20m를 걷는 속도와 환측 및 건측 각각의 대둔근 중심과 장골능과 대전자의 중간지점을 연결한 서혜부 굵기를 측정하였으며, Cybex 350을 이용하여 건측과 환측의 30°/sec, 60°/sec, 90°/sec의 굴근과 신근의 최대우력치의 변화, 체중에 대한 최대우력비의 변화, 일의 총량 변화, 평균일률의 변화, 최대우력 가속에너지의 변화를 측정하였다.

2) 측정방법

등속성운동치료군은 매번 운동시 환측부위만을 각속도 30°/sec, 60°/sec, 90°/sec에서 각각 5회 반복을 한 세트로 하여 3세트를 6주간 일주일에 3회씩 총 18회를 실시하였으며, 처음 운동 시작일과 매 2주, 4주, 6주마다 건측과 환측을 각각 30°/sec 5회, 60°/sec 5회, 90°/sec 5회를 1세트로 하는 테스트를 실시하여 등속성운동치료의 점진적 효과를 관찰하였으며, 대조군은 재활치료와 일반적인 등장성운동을 하고 운동시작일 첫날과 6주 마지막 일에만 건측과 환측을 각각 30°/sec 5회, 60°/sec 5회, 90°/sec 5회로 1 세트의 테스트를 실시하였다.

3) 측정장비

측정 장비로는 근력, 근지구력, 관절각도 등을 측정할 수 있으며 또한 얻은 수치를 영구 보존할 수 있는 기록장치와 이들을 비교분석할 수 있는 컴퓨터가 내장되어 정확하고 객관적인 평가를 할 수 있는 Cybex 350을 이용하였다.

3. 자료처리 및 분석

결과는 Rehabilitation and Testing system (Mode No Cybex 350)에 내재되어 있는 Cybex Data Reducing Computer (CDRC)와 Dual Recording System에 의하여 얻어진 수치를 SAS(Statistical Analysis system)/PC Version 6.08을 사용하여 자료처리 및 분석을 하였다. 등속성운동치료군과 대조군의 치료전 후의 측정치 차이에 대한 평균의 비교는 비모수 통계검증 방법인 Wilcoxon Rank Sum Test를 이용하였고, 유의수준은 α=0.05로 하였다.

Ⅲ. 연구 결과

1. 조사대상 환자의 일반적 특성

1) 일반적특성

조사대상 편마비 환자 20명의 성별분포는 남자 14명(70%), 여자6명(30%)의 성별분포를 나타내었고, 이중 등속성운동치료군의 분포는 남자8명(40%), 여자 2명(10%)이었고, 대조군의 분포는 남자 6명(30%), 여자 4명(20%) 이었다. 연령분포는 20세에서 67세로 이중 30세에서 59세가 70%로 가장 많았고, 평균연령은 대조군 48.3세, 운동치료군 50.2세로 두 군이 비슷하였다(표 1).

2) 신체적특성

신장은 160㎝에서 169㎝까지가 총11명으로 전체의 55%를 차지하여 가장 많은 분포를 보였고, 다음은 170㎝에서 179㎝가 5명으로 전체의 25%였으며, 평균신장은 대조군 166.1cm, 운동치료군 169.6cm로 비슷하였다. 또한 몸무게는 60㎏에서 69㎏이 8명(40%)으로 가장 많았고, 50㎏에서 59㎏이 7명(35%)이었으며 평균체중은 대조군, 치료군이 각각 65.3kg 및 64.2kg으로 큰 차이가 없었다(표 2).

표 1. General characteristics of subjects

단위 : Persons

Characteristics	Category	Control group	Exercise group	Total
Sex	male	6	8	14
	female	4	2	6
Age	under 30	1	1	2
	30 - 39	2	2	4
	40 - 49	1	1	2
	50 - 59	6	2	8
	over 60		4	4
	(mean±SD)	(48.3±10.8)	(50.2±15.5)	(49.3±13.4)
Total		10	10	20

표 2. Physical characteristics of subjects

단위 : Persons

Characteristics	Category	Control group	Exercise group	Total
Heights (cm)	under 160	1	1	2
	160 - 169	7	4	11
	170 - 179	2	3	5
	over 180		2	2
	(mean±SD)	(166.1±4.7)	(169.6±8.4)	(167.9±6.8)
Weight (kg)	under 50		1	1
	50 - 59	3	4	7
	60 - 69	6	2	8
	over 70	1	3	4
	(mean±SD)	(65.3±12.5)	(64.2±7.4)	(64.8±10.3)
Total		10	10	20

3) 병력과 관련된 특성

편마비 발생원인은 뇌졸중이 15명(75%), 외상성뇌손상이 5명(25%) 이었으며, 이중 대조군에서는 뇌졸중 6명(30%), 외상성뇌손상 4명(20%) 이었고, 등속성운동치료군에서는 뇌졸중 9명(45%), 외상성뇌손상 1명(5%) 이었다.

마비부위는 대조군에서 오른쪽 편마비 4명(20%), 왼쪽 편마비 6명(30%)이었으며, 등속성운동치료군은 오른쪽 편마비 6명(30%), 왼쪽 편마비 4명(20%)으로 나타났으며, 두부에 수술을 시행한 사람은 대조군 6명(30%), 등속성운동치료군 3명(15%)으로 전체의 45% 이었다(표 3).

2. 보행속도 변화 및 조사대상 부위의 굵기 측정 결과

1) 보행속도변화

20m를 걷는 보행속도를 측정한 결과 처음 평가시의 등속성운동치료군은 66초, 대조군은 44초 이었으나, 6주후 등속성운동치료군은 40초로 26초가 빨라진 반면, 대조군은 34초로 10초가 빨라져 등속성운동치료군의 보행속도가 대조군에 비해 유의하게 큰 폭으로 증가하였다($p<0.05$)(표 4).

표 3. Case history of subjects

단위 : Persons

Characteristics	Category	Control group	Exercise group	Total
Department	Neurosurgery	6	5	11
	Neurology	2	4	6
	Rehabilitation Medicine	2	1	3
Patient Type	Out-patient	4	3	7
	In-patient	6	7	13
Cause	Cerebrovascular Accident	6	9	15
	Head Injury	4	1	5
Paresis site	Right	4	6	10
	Left	6	4	10
Operation	Done	6	3	9
	Not done	4	7	11
Total		10	10	20

표 4. Mean gait speeds in control and exercise groups

단위 : m/sec

Week	Control group (Mean±SD)	Exercise group (Mean±SD)
Initial	43.8±19.1	65.8±64.0
Final	33.3± 9.1	39.4±39.3
Difference*	-10.5±18.5	-26.4±35.0

*p<0.05

2) 조사부위 굵기 변화

치료전후 고관절 굴근과 신근의 굵기 변화를 알기 위하여 서혜부 둘레를 측정한 결과 6주후 대조군보다 등속성운동치료군의 건측과 환측부위의 굵기가 모두 증가하였으나 통계적으로 유의한 차이는 아니었다(표 5).

3. 측정 항목별 결과

1) 최대우력(Peak torque)

표 1에 나타난 바와 같이 건측 고관절 굴근의 치료전과 6주 후 최대 우력의 평가시 각속도 30°/sec에서는 등속성운동치료군의, 60°/sec, 90°/sec에서는 대조군의 최대우력치가 더 크게 증가하였으나 두 군간에 통계적으로 유의한 차이는 없었고 처음과 6주 후 건측 고관절 신근의 최대우력 평가

표 5. Mean circumferences of groin area in control and exercise groups

단위 : cm

Site	Week	Control group (Mean±SD)	Exercise group (Mean±SD)
Involved side	Initial	66.4±5.2	63.6±3.2
	Final	66.9±6.2	64.7±3.4
	Difference	0.5±0.4	1.1±0.8
Uninvolved side	Initial	63.2±4.1	60.6±3.2
	Final	64.4±3.9	62.4±3.2
	Difference	1.2±0.5	1.8±0.8

시 각속도 30°/sec, 60°/sec, 90°/sec 모두에서 최대우력의 변화 정도는 대조군과 등속성 운동치료군간에 통계적으로 유의하지 않았으나, 등속성운동치료군의 운동전 후 최대우력치는 각속도 30°/sec, 60°/sec, 90°/sec에서 모두 대조군에 비해 더 크게 증가하였다.

환측 고관절에 있어서 6주 후 두 군별 운동전 후 최대우력치는 각속도 30°/sec, 60°/sec, 90°/sec에서 등속성운동치료군이 대조군에 비해 월등하게 크게 증가하였으며 두 군간에 최대우력치의 변화에 통계적으로 유의한 차이가 있었다($p<0.01$, $p<0.01$, $p<0.05$) (표 6).

표 1에 나타난 바와 같이 환측의 고관절 신근에서 6주 치료후 최대우력치의 변화는 등속성운동치료군은 각속도 30°/sec, 60°/sec, 90°/sec 각각에서 대조군에 비해 현저하였으며, 특히 각속도 30°/sec와 60°/sec에서 두 군간에 최대우력치의 변화에 통계적으로 유의한 차이가 있었다($p<0.05$).

2) 체중에 대한 최대우력비(Peak torque to body weight ratio)

표 7에 나타난 바와 같이 처음과 6주 치료후 평가한 환자의 건측의 굴근에서 체중에 대한 최대우력비는 각속도 30°/sec, 60°/sec, 90°/sec에서 대조군과 등속성운동치료군이 모두 약간씩 증가하였으나, 체중에 대한 최대우력비의 변화는 두 군간에 유의한 차이는 없었고 처음과 6주 후 평가한 각속도 30°/sec, 60°/sec, 90°/sec에서 건측의 신근에서 측정한 체중에 대한 최대우력비는 등속성운동치료군에서 더 큰 폭으로 증가하였으나, 두 군간의 평균 변화에 통계적으로 유의한 차이는 없었다

실험대상 환자 환측의 고관절에 대한 치료 전과 6주 치료후 체중에 대한 최대우력비는 각속도 30°/sec, 60°/sec, 90°/sec에서 등속성운동치료군이 대조군에 비해 더 크게 증가하여 통계적으로 두 군간에 유의한 차이를 나타내었고($p<0.05$), 특히 30°/sec, 60°/sec의 각속도에서 두 군간에 더 큰 차이를 나타내었다($p<0.01$)(표 7).

표 2에서와 같이 환측 고관절의 신근에 대한 치료 전과 6주 후 체중에 대한 최대우력비의 평가시 각속도 30°/sec, 60°/sec, 90°/sec에서 등속성운동치료군의 평균이 대조군에 비해 더 크게 증가하였으며, 특히 각속도 30°/sec, 60°/sec에서 치료전 후의 체중에 대한 최대우력비는 등속성운동치료군에서 더 유의하게 증가하였다($p<0.05$).

3) 일의 총량(Total work)

표 8에 나타난 바와 같이 처음과 6주후 환자의 건측에서 근육이 할 수 있는 일의 총량은 각속도 30°/sec, 60°/sec, 90°/sec에서 대조군과 등속성운동치료군 간의 평균 변화량에 유의한 차이는 없었고 대조군과 등속성운동군 환자의 건측에 있어서 치료전과 6주 치료 후 고관절 신근의 일의 총량의 평균값은 30°/sec, 60°/sec, 90°/sec의 모든 각속도에서 대조군과 등속성운동치료군 모두 일의 총량이 증가하였으며, 특히

등속성운동군에서 더 큰 증가폭을 나타내었으나 통계적으로 두 군간에 유의한 차이는 없었다.

환측의 고관절 굴근에 있어서 일의 총량의 측정에 의한 근력평가는 각속도 30°/sec, 60°/sec, 90°/sec에서 치료전에는 등속성운동치료군의 평균 일의 총량이 대조군 비해 적었으나 6주 치료후에 측정한 등속성운동치료군의 평균 일의 총량은 대조군을 능가하였고, 통계적으로도 대조군에 비해 유의하게 증가하였다($P<0.05$)(표 8).

표 8에 나타난 바와 같이 등속성운동치료군의 환측 고관절 신근에서 일의 총량은 치료 전과 6주 후 각속도 30°/sec, 60°/sec, 90°/sec에서 대조군에 비해 매우 큰 폭으로 증가하였으며, 특히 30°/sec와 60°/sec의 각속도에서는 대조군보다 통계적으로 유의하게 증가하였다($p<0.01$).

4) 평균일률(Average Power)

표 9에 나타난 바와 같이 환자의 건측에 있어서 6주 후 고관절의 평균일률은 각속도 30°/sec, 60°/sec, 90°/sec에서 대조군이 더 큰 폭으로 증가하였으나 두 군간의 평균일률 변화에 통계적으로 유의한 차이는 없었고 등속성운동치료군과 대조군의 6주 치료후 건측 신근의 평균일률은 각속도 30°/sec, 60°/sec, 90°/sec 모두에서 등속성운동치료군이 더 크게 증가하였으나, 통계적으로 두 군간의 평균일률 변화에 유의한 차이는 없었다.

대조군과 등속성운동치료군의 환측 굴근에서 평균일률 변화는 6주 후, 두 군 모두 증가하였으나 등속성운동치료군에서 더욱 큰 폭으로 증가하였으며, 특히 각속도 60°/sec, 90°/sec에서 대조군에 비해 통계적으로 유의하게 증가하였다($P<0.05$)(표 9).

표 9에 나타난 바와 같이 운동치료후 환측 신근의 평균일률은 대조군에서도 증가하였으나 등속성운동치료군은 30°/sec, 60°/sec, 90°/sec 모든 각속도에서 더 큰 폭으로 증가하였으며, 특히 각속도 60°/sec, 90°/sec에서 두 군간의 평균일률 변화에 통계적으로 유의한 차이가 있었다($p<0.05$).

5) 최대우력 가속에너지(Peak torque acceleration energy)

표 10에서 나타난 바와 같이 6주 치료후 건측 굴근의 최대우력 가속에너지는 각속도 30°/sec, 60°/sec,90°/sec에서 등속성운동치료군과 대조군 모두 큰 변화를 나타내지 않았으며, 두 군간의 변화에 통계적으로 유의한 차이는 없었고 각속도 30°/sec, 60°/sec, 90°/sec에서 6주후 대조군과 등속성운동치료군의 건측 신근에서 최대우력 가속에너지는 큰 변화를 나타내지 않았으며 통계적으로 두 군간에 유의한 차이가 없었다.

표 10에서와 같이 대조군과 등속성운동치료군의 환측 굴근의 최대우력 가속에너지 평균 변화량 비교에서 통계적으로 유의한 차이는 나타나지 않았으나 환측 굴근의 각속도 60°/sec에서 등속성운동치료군이 대조군보다 더 증가하였으며 등속성운동

치료군에서 환측 신근의 최대우력 가속에 너지는 대조군에 비하여 운동치료 전보다 운동치료 후에 더 증가하였으나 두군간의 치료전 후의 변화에 유의한 차이는 없었다

표 6. Mean peak torque

단위: ft-lbs

°/sec	Week	Control group(Mean±SD)				Exercise group(Mean±SD)			
		flexors		extensors		flexors		extensors	
		un[1]	in[2]	un	in	un	in	un	in
30°/sec	Initial	40.0±10.4	33.7±14.9	68.7±25.3	56.7±24.7	44.1±10.2	22.7±14.5	63.0±25.1	48.2±24.0
	Final	51.0±11.3	45.4±16.4	73.8±18.4	67.6±24.7	56.6±16.4	54.8±21.1	85.1±18.9	83.8±30.8
	Difference	11.0± 9.8	11.7±11.3**	5.1±12.7	10.9±13.8*	12.5±16.2	32.1±14.3**	22.1±19.1	35.6±25.1*
60°/sec	Initial	33.0± 9.8	28.2±12.4	56.7±22.9	52.4±23.9	32.2± 9.4	18.3±12.8	52.0±20.5	39.8±23.9
	Final	47.0±10.5	42.8±13.2	65.8±17.0	64.2±26.2	43.9±12.6	50.1±17.9	73.6±19.8	71.3±29.9
	Difference	14.0± 8.3	14.6±12.4**	9.1±11.8	11.8±14.7*	11.7±13.7	31.8±11.2**	21.6±17.5	31.5±18.4*
90°/sec	Initial	30.8±11.2	25.5±14.4	55.2±24.8	31.9±17.5	27.7± 9.5	15.9±11.3	40.8±17.1	25.2±16.1
	Final	42.7± 8.2	37.3±11.5	63.1±21.0	39.4±12.3	35.1±14.5	43.9±17.9	59.6±25.9	42.5±17.7
	Difference	11.9± 8.6	11.8±14.3*	7.9±16.3	9.7±18.3	7.4±14.5	28.9±13.6*	18.8±19.2	25.0±18.8

*p<0.05 **p<0.01
1= uninvolved 2= involved

표 7. Peak torque to body weight ratio

단위 : %

°/sec	Week	Control group(Mean±SD)				Exercise group(Mean±SD)			
		flexors		extensors		flexors		extensors	
		un[1]	in[2]	un	in	un	in	un	in
30°/sec	Initial	27.8±7.9	23.3±10.1	47.6±16.1	38.9±14.9	31.0±8.8	16.0±11.0	44.5±19.0	34.2±18.1
	Final	35.3±6.5	31.8±8.2	51.4±9.4	46.5±12.9	39.4±11.8	38.1±15.8	59.7±13.8	58.1±20.0
	Difference	7.5±6.6	8.5±7.7**	3.8±9.8	7.6±10.2*	8.4±11.2	22.1±9.2**	15.2±13.5	23.9±16.0*
60°/sec	Initial	22.8±7.1	19.2±7.8	39.2±15.3	35.9±13.9	22.1±6.2	12.7±9.5	36.1±14.6	28.3±18.0
	Final	32.7±5.7	29.3±6.6	45.7±9.3	44.0±13.9	30.6±10.2	35.0±13.5	50.9±12.4	49.1±20.3
	Difference	9.9±5.6	10.1±8.5**	6.5±8.2	8.1±11.1*	8.5±10.2	22.3±7.5**	14.8±12.4	20.8±9.8*
90°/sec	Initial	22.1±7.6	17.1±8.6	38.0±16.6	31.9±17.5	19.1±7.0	11.1±8.5	28.2±12.3	25.2±16
	Final	29.5±4.0	25.7±6.7	43.4±11.4	39.4±12.3	24.0±10.2	30.6±13.4	40.4±14.4	42.5±17.7
	Difference	7.4±6.2	8.6±10.0*	5.4±12.1	7.5±14.1	4.9±10.7	19.5±9.0*	12.2±12.2	17.3±12.5

*p<0.05 **p<0.01
1= uninvolved 2= involved

표 8. Mean total work

단위 : ft-lbs

°/sec	Week	Control group(Mean±SD)				Exercise group(Mean±SD)			
		flexors		extensors		flexors		extensors	
		un[1]	in[2]	un	in	un	in	un	in
30°/sec	Initial	51.7±13.0	43.8±19.6	98.3±35.6	82.3±38.5	40.9±13.1	23.8±18.7	84.5±36.1	58.9±31.0
	Final	66.8±13.8	63.9±21.5	106.8±23.5	98.7±39.4	64.1±20.8	70.4±28.2	111.1±26.6	115.3±37.8
	Difference	15.1±15.1	20.1±18.4*	8.5±19.7	16.4±19.3**	17.2±16.5	46.6±22.0*	26.6±26.6	56.4±34.6**
60°/sec	Initial	40.5±10.0	34.8±16.7	80.8±36.2	76.0±38.2	36.0±11.9	18.3±17.0	67.4±27.7	47.8±29.3
	Final	58.8±13.8	54.3±17.8	91.6±21.8	91.0±38.2	50.0±19.2	60.4±21.1	95.6±27.4	91.7±30.6
	Difference	18.3±7.3	19.5±17.6*	10.8±19.1	15.0±19.2**	14.0±18.3	42.1±15.7*	28.2±22.7	43.9±23.1**
90°/sec	Initial	34.1±13.2	30.8±18.0	75.6±36.8	65.0±40.7	27.5±11.1	15.1±16.7	50.8±20.8	43.1±27.5
	Final	49.7±13.6	44.7±15.4	84.7±33.4	78.3±32.3	37.0±18.7	49.8±20.9	75.9±34.2	79.2±31.8
	Difference	15.6±13.0	13.9±19.7*	9.1±20.8	13.3±27.5	9.5±18.4	34.7±17.9*	25.1±25.6	36.1±26.7

*p<0.05 **p<0.01
1= uninvolved 2= involved

표 9. Mean average power

단위 : Watts

°/sec	Week	Control group(Mean±SD)				Exercise group(Mean±SD)			
		flexors		extensors		flexors		extensors	
		un[1]	in[2]	un	in	un	in	un	in
30°/sec	Initial	17.5±4.6	14.9±6.7	34.0±12.3	28.1±13.1	16.4±4.0	8.1±6.3	30.1±12.6	21.4±10.3
	Final	23.0±4.9	24.5±9.1	36.7±8.5	38.4±16.6	21.9±7.0	23.9±9.3	39.0±9.3	39.5±13.1
	Difference	5.5±5.4	9.6±8.6	2.7±6.5	10.3±12.5	5.5±5.6	15.8±7.4	8.9±8.4	18.1±11.5
60°/sec	Initial	28.3±7.3	23.8±11.5	56.3±25.5	52.7±26.4	25.9±7.7	13.2±11.9	48.0±21.6	34.8±19.3
	Final	41.3±9.9	38.9±11.5	64.6±16.5	64.7±24.8	34.8±13.6	40.9±14.7	66.7±18.4	63.2±20.4
	Difference	13.0±7.4	15.1±11.5*	8.3±12.7	12.0±11.9*	8.9±12.9	27.7±10.6*	18.7±18.2	28.4±15.2*
90°/sec	Initial	35.9±14.2	32.1±19.3	80.0±38.4	68.2±42.4	29.7±10.8	16.3±17.1	55.3±22.3	47.2±27.6
	Final	51.8±14.0	46.9±16.5	89.4±35.3	81.1±33.1	38.6±18.6	51.9±21.1	80.6±35.0	82.2±33.2
	Difference	15.9±27.5	14.8±21.4*	9.4±23.1	12.9±29.3*	8.9±17.9	35.6±17.4*	25.3±25.5	35.0±28.0*

*p<0.05 **p<0.01
1= uninvolved 2= involved

표 10. Mean peak torque acceleration energy

단위 : ft-lbs

°/sec	Week	Control group(Mean±SD)				Exercise group(Mean±SD)			
		flexors		extensors		flexors		extensors	
		un[1]	in[2]	un	in	un	in	un	in
30°/sec	Initial	0.9±0.3	0.8±0.4	0.8±0.2	0.7±0.2	0.6±0.3	1.0±0.5	0.8±0.3	0.7±0.2
	Final	1.2±0.6	1.2±0.6	0.8±0.2	0.8±0.3	0.8±0.5	1.4±0.7	0.8±0.3	0.9±0.3
	Difference	0.3±0.5	0.4±0.6	0.1±0.3	0.1±0.2	0.2±0.3	0.4±1.1	-0.04±0.4	0.2±0.3
60°/sec	Initial	1.4±0.3	1.5±0.7	2.4±0.8	2.4±0.9	1.1±0.3	1.6±0.6	2.2±0.8	1.7±0.3
	Final	2.1±0.7	1.8±1.1	2.5±0.4	2.7±1.0	1.5±1.0	2.1±1.2	2.5±0.8	2.5±0.5
	Difference	0.7±0.7	0.3±1.2	0.04±0.5	0.3±0.6	0.3±1.0	0.6±1.47	0.3±0.7	0.8±0.6
90°/sec	Initial	2.0±0.7	2.1±0.7	4.2±1.5	4.1±1.8	1.6±0.3	2.1±0.9	3.3±1.0	2.9±0.9
	Final	2.7±0.8	2.5±1.7	4.6±1.4	4.9±1.7	1.8±0.4	2.5±1.1	3.7±1.4	4.0±1.1
	Difference	0.6±0.9	0.5±1.9	0.4±1.1	0.8±1.6	0.2±0.5	0.5±1.6	0.41±1.1	1.1±1.2

*p<0.05 **p<0.01
1= uninvolved 2= involved

Ⅳ. 고 찰

근력은 근수축에 의하여 발생하는 장력으로 근육 횡단면의 크기에 비례하고 수축시간에 있어서 근육의 길이, 동원되는 운동단위의 수, 근육의 수축형태 및 수축 속도, 환자의 동기 등에 의하여 영향을 받는다(구희서 등, 1995). 또한, 근력을 증가시킬 수 있는 운동으로는 일반적으로 등장성운동과 등척성운동, 그리고 등속성운동이 있으며 Hislop 과 Perrine(1967)이 등속성 원리와 개념에 대하여 체계적으로 설명한 이후 많은 연구 보고들에 의해 등속성운동이 우력, 일량, 관절운동범위, 힘을 측정하는데 그 신뢰도가 매우 높음이 증명되어 널리 사용되고 있으며 이에 대한 많은 연구들이 이루어지고 있다.

등속성운동에서 근력은 미리 정해진 운동속도에 대하여 최대의 힘을 발휘하여 얻어낸 최대우력을 뜻하는 것으로 등속성운동에서는 관절운동의 전범위를 통하여 어느 시점에서도 많은 운동단위를 활성화시켜 근육의 최대의 힘을 얻을 수 있으며, 근력이 증가함에 따라 운동속도를 빠르게 조정하여 점차 강도 높은 운동을 시킬 수 있다(Davies, 1984).

근육을 사용하지 않아서 생기는 근위축의 경우 적근(Slow twitch fiber)의 위축이 심하게 되고, 최대근력의 회복을 위하거나

기능적 회복을 위해서는 백근(fast twitch fiber)의 활성화가 불가피함으로 적근을 특정적으로 회복시킬 수 있는 최대하 등속성운동 (submaximal isokinetic exercise)과 고속도의 기능적 임무수행을 위해 백근의 활성화를 유도하는 고속도의 등속성운동치료가 매우 필요하다고 보고하였다(Wyatt와 Edward, 1981). 또한 Thorstensson 과 Kalsson(1976)은 TypeⅡ 근섬유가 많을수록 빠른 속도에서 높은 우력치를 나타낼 수 있다고 보고하였으며, 고속도의 운동시에는 주로 TypeⅡ 근섬유가 수축에 작용함으로써 속도가 증가할수록 우력의 증가치가 감소되는 원인으로 작용할 것이라고 보고한바 있다. 이러한 연구결과에 근거하여 본 연구에서는 TypeⅡ 근섬유가 상대적으로 많이 위축되어 있는 편마비 환자에서 빠른 속도로 우력치 측정시 측정이 잘 되지 않기 때문에 환자들의 측정에 대한 동기유발이 잘 일어나지 않는 경향이 있고, 특히 편마비 환자의 경우 검사 및 운동수행이 어려운 환자가 대부분이기 때문에 저속에서 시작하여 환자의 회복정도에 따라 점차 고속으로 시행하는 것이 바람직하다는 Thistle 등(1967)의 보고에 의해 저속에서 등속성운동을 시행하였다.

등속성운동시 느린 속도의 운동은 근력을 보다 강화시키고, 빠른 속도의 운동은 근지구력을 증가시키는데(Nicholas 등, 1989), 우력은 운동속도에 따라 달라질 뿐 아니라 검사시 기계의 축과 관절의 축이 변하면 달라지므로(하권익 등, 1984; Golin, 1979) 본 연구에서는 Cybex350 매뉴얼에 제시된 표준화된 방법에 의해 고관절 등속성운동을 시행하였다.

등속성운동의 평가에서는 근력을 우력으로 표시하고 단위는 foot-pound (ft-lbs)를 사용한다. 평가하는 지표로는 최대우력과 일률측정, 좌·우측 차이 비교, 동측의 굴근과 신근의 비율차이, 체중에 대한 우력의 퍼센트 등이 있으며, 통상적으로 좌우측 최대우력치와 신근과 굴근의 비교에서 0~15% 이상의 차이는 손상의 위험이 높다고 인정 되므로(Francis와 Hoobler, 1987; Kannus, 1988) 두 요소의 불균형이 10% 이내가 되도록 운동 치료를 하는 것이 필요하다.

등속성 우력치는 연령, 성별, 각속도, 중력영향 우력치(gravity effect torque) 등에 영향을 받으며(Moffroid등, 1969; Miyashita와 Kanehisa, 1979; Golin, 1979; Fillyaw 등, 1986; Murray 등, 1980), 특히 여러 연구보고(Gilliam 등, 1979; Ostering, 1975; Thorstensson등, 1976)에서 중력영향 우력치를 고려하든 하지 않든 간에 역시 운동속도의 증가에 따라 우력치는 감소한다고 보고하였고, 본 연구에서도 같은 결과를 얻었다.

Borges(1989) 및 Johnson(1982)은 체중 및 신장과 등속성우력치는 유의한 상관 관계가 있다고 보고하였으나 Froese 와 Heuston(1985)은 유의한 상관관계가 없다고 보고하였으며, 본 연구에서는 마비 부위를 대상으로 하였기때문에 체중 및 신장과

우력치와는 무관한 것으로 생각된다.

고관절은 관골구와 대퇴골두 간에 이루어지는 구상관절로서 굴곡(125°), 신전(10°), 외전(45°), 내전(10°), 외측회전(45°) 및 내측회전(45°) 등의 각종 운동이 많은 근육에 의해 작용되고 있으며, 그중 고관절 굴근과 신근은 Perry(1974)와 Inman 등(1981)에 의하면 보행동안의 근육의 활동에 있어서 고관절굴근은 입각기중 중간 입각기(mid stance)에서 발뒤축 들림기(heel off)를 거쳐 발가락 들림기(toe off)전까지, 유각기중 발가락 들림기에서 중간 유각기(mid swing)까지 작용하며, 신근은 입각기중 발뒤축 접지기(heel contact)에서 발바닥 접지기(foot flat)를 거쳐 중간입각기 전까지, 유각기중 중간 유각기에서 발뒤축 접지기로 가기 바로 전에 작용하는 것으로 밝힌바 있으며, Glasser(1986)는 일반적인 치료만 받은 군에 비해 등속성운동치료를 부가한 군에서 보행형태가 좋아지고 보폭이 증가되었으며 특히 회복기 말기에 효과적이라고 하였는데, 본 연구에서도 등속성운동치료군이 대조군보다 운동후 보행형태가 나아지고 특히 보행속도서 등속성운동치료군에서 유의한 증가가 있었다.

치료부위의 굵기 증가에서 Coyle 등(1981)은 별 변화가 없었다고 하였으며 본 연구에서도 같은 결과를 나타내었다.

최대우력은 가동범위의 모든 반복과 모든 점에서 볼 수 있는 우력치 중 최대값으로 선택하여 ft-lbs로 나타내는데 본 연구에서 6주후 30°/sec, 60°/sec, 90°/sec에서 측정한 고관절 굴근과 신근의 최대우력치는 건측의 경우 대조군의 굴근과 등속성운동치료군의 신근에서 많은 증가가 있었는데 이는 보행 및 일반적인 재활치료를 계속 시행한 결과로 생각되어진다.

6주간 운동을 시행한 후 환측 평가에서 대조군에 비해 등속성운동치료군에서 통계적으로 유의한 증가를 나타내었으며, 저속도에서 보다 고속도에서 최대 우력치가 감소됨이 확인되었는데, 이는 다른 보고서들과 같은 결과를 나타내었다(Knapik과 Ramos, 1980).

체중에 대한 굴근 및 신근의 최대우력비는 환자의 체중을 매 속도당 얻어진 각각의 최대우력치로 나눈 뒤 백분율로 나타낸 값으로 6주 후 건측의 경우 두 군간의 통계적 유의한 차이는 없었으며, 환측굴근과 신근은 두 군간에 통계적으로 유의한 차이를 보였다. 굴근에서의 근력 증가량은 신근에서의 근력 증가량과는 많은 차이를 보였는데, 이는 수직면상의 운동시 중력의 역방향으로 운동하는 근보다 같은 방향으로 움직이는 근에서 더 큰 근력의 증가가 나타난다는 Moffroid와 Whipple 등(1970)의 보고와 일치하였다.

일의 총량은 반복운동 중 근육이 한 일의 총량을 의미하는 것으로 ft-lbs로 나타내는데 6주 후 등속성운동치료군과 대조군의 건측 굴근 및 신근에서 통계적으로 유의하지는 않았으나 다소 증가를 나타냈는데, 이는 대조군의 경우 측정 대상자의 신장이나 체중 등 다른 요인이 작용한 것으로 생각되며,

등속성운동치료군에서는 등속성운동시 고정된 건측부위에서 발생하는 등척성운동의 영향과 근력증가에 기여하는 신경성 요인의 하나인 교차성 훈련효과(cross-educational effect)(Moritani와 Devries, 1979)의 영향으로 생각된다. 한편 6주 후 환측 굴근의 운동을 시행한 모든 각속도와 신근의 30°/sec, 60°/sec에서 두 군간에 통계적으로 유의한 차이가 나타났다.($p<0.05$)

평균일률은 단위시간에 근육이 할 수 있는 시간당 일의 표현이라 할 수 있으며, 실제적인 일률의 가장 정확한 지표가 된다. 이는 전체 일을 수행하기 위해 소비된 전체시간으로 나누어 계산하여 watts의 단위로 나타내는데, 건측 굴근과 신근에서 두 군간에 유의한 차이는 나타나지 않았으며, 환측에서는 환측 굴근의 각속도 60°/sec, 90°/sec와 신근의 60°/sec에서 두 군간에 유의한 차이가 나타났다. 환측 굴근과 신근의 두 군별 운동전 후 비교에서는 등속성운동치료군에서보다 많은 증가가 있었고, 이는 모든 검사속도에서의 근력증가를 보고한 Kanehisa와 Miyashu(1983), Timm(1987)의 보고와 비슷한 결과를 보였다.

최대우력 가속에너지는 우력이 생기는 첫 1/8초에서의 일을 형성하기위하여 생성되는 에너지의 양으로서 자체 내장된 컴퓨터에 의해서 측정되며, 이것은 측정 대상자의 순발력 또는 힘 방출이 가장 빨리 가속되는 동안의 기간을 나타낸다. 이 최대우력 가속에너지의 변화는 재활과정에서 자주 측정하여야 하는 중요한 측정치로서 ft-lbs work의 단위로 나타내는데, 환측 굴근에서는 등속성운동치료군과 대조군간에 유의한 차이는 없었으며 환측신근에서는 모든 각속도에서 등속성운동치료군이 대조군보다 운동전 후 비교에서 유의한 차이는 나타내지 않았으나 다소 높은 향상도를 보였다.

Davies(1985)의 보고에 의하면 최대우력 가속에너지의 감소는 우력의 감소보다 중요하다고 하였는데, 측정결과 다소의 향상도가 나타나긴 했지만 본 연구에서 시행한 주3회 6주간의 운동치료는 치료기간이나 훈련량이 다소 충분치 못하였다고 생각되며, 근력 증가 현상은 주로 신경성 요인에 의한 것으로 생각된다.

본 연구에서 편마비 환자의 재활치료에 있어서 등속성운동을 병행하여 치료한 결과 대부분의 측정항목에서 유의하게 향상된 결과를 나타내었고, 이로 인한 근력 증강과 기능의 향상이 있었으며, 등속성운동치료시 처음에는 저속에서 실시하여 근력의 향상에 따라 점차 고속으로 시행하는 것이 바람직한 방법이라 생각되며, 아울러 체간과 상지 등 다른 신체부위의 적용에 대한 보다 많은 연구가 필요하리라 생각된다.

V. 결 론

등속성운동이 편마비환자의 재활에 미치는 치료효과를 알아보고자 성인 편마비환

자 20명을 무작위로 각각 10명씩 실험군과 대조군으로 나누어 등속성운동을 시행한 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 20m를 걷는 보행속도를 측정한 결과 6주 후 등속성운동치료군은 대조군에 비하여 유의하게 증가하였다($p<0.05$).

2. 고관절 굴근과 신근의 굵기변화를 파악하기 위하여 측정한 서혜부 둘레의 굵기는 6주간 치료 후에 등속성운동치료군의 건측과 환측에서 대조군보다 증가하였으나 통계적으로 유의하지 않았다.

3. 굴근 및 신근의 최대우력치 및 체중에 대한 최대우력비는 지속적으로 증가하였으며, 운동초기에는 두 군간에 유의한 차이가 없었으나, 6주 치료 후에는 대조군에 비해 등속성운동치료군에서 통계적으로 더 유의하게 증가하였다 ($p<0.05$).

4. 일의 총량에서 환측 굴근은 등속성운동치료군이 대조군보다 모든 각속도에서 유의한 증가가 있었으며($p<0.05$), 환측 신근에서는 두 군간에 각속도 30°/sec, 60°/sec에서 통계적으로 유의한 차이가 있었다($p<0.01$).

5. 평균일률은 운동 초기보다 큰 폭으로 증가하였으며, 특히 환측 굴근의 60°/sec, 90°/sec, 신근의 60°/sec에서 등속성운동치료군이 대조군보다 통계적으로 유의한 증가가 있었다($p<0.05$).

6. 최대우력 가속에너지는 두 군간에 유의한 차이가 없었으며, 6주 치료 후에는 전반적으로 대조군에 비해 등속성운동치료군에서 더 증가하였으나 통계적으로 유의하지는 않았다.

이상의 결과를 볼 때 성인 편마비 환자의 재활치료에 있어서 근력과 기능상의 개선 및 환자 자신의 성취도에 대한 동기부여 측면에서 등속성운동을 실시하면 보다 나은 치료효과를 얻을 것이라 생각된다.

참고문헌

강성웅, 문재호, 조경자, 등. 슬관절 신근과 굴근의 등속성운동 효과에 관한 연구. 대한재활의학회지. 1991;15:77-88.

김진호, 한태륜. 재활의학. 서울: 군자출판사. 1997;1:118-121.

구희서, 배성수, 장정훈. 운동치료학. 서울 : 대학서림. 1995;1:26-35.

윤태식, 전세일, 신정순, 등. 대학축구선수와 일반 대학생의 슬관절 등속성운동 비교. 대한재활의학회지. 1990;14:260-267.

한태륜, 김상규, 성상철. 반월판 절제술후의 슬관절부 근육의 등속성 근력평가. 대한재활의학회지. 1990;14:102-109.

김진호, 한태륜, 김상범. 동결견에 있어서 견관절 주위근에 대한 등속성 운동평가. 대한재활의학회지. 1988;12:136-147.

김진호, 김상범. 한국 정상성인의 슬관절 신근 및 굴근에 대한 등속성 운동 평가. 대한재활의학회지. 1987;11:173-783.

강세윤, 정양기, 안용팔. 20대 건강한 청년의 슬관절 신전근 및 굴곡근에 대한 등속성 운동검사. 대한재활의학회지. 1986;

10:116-123.

하권익, 한성호, 정민영, 등. 등속성 운동기구를 이용한 굴곡근 및 신전근의 근력평가에 관한 연구. 대한정형외과학회지. 1984;19:1043-1050.

Budett RG, Swearingen JV. Reliability of isokinetic muscle tests. J Orthop Sports Phys Ther. 1987;8:484-488.

Hislop HJ & Perrine JJ. The isokinetic concept of exercise. Phys Ther. 1967; 47:114-117.

Thistle HG, Hislop JH, Moffroid M et al. Isokinetic Contraction: A new concepts of resistive exercise. Arch Phys Med Rehabil. 1967;48:279-282.

Moffroid M, Whipple R, Hofkosh J et al. A study of isokinetic exercise. Phys Ther. 1969;49:735-746.

Mayer T, Gatchel RJ. Functional restoration for spinal disorders. The sports medicine approach. Lea & Febiger, Philadelphia, 1988.

De Lateur B, Lehmann JF, Warren CG et al. Comparison of effectiveness of isokinetic and isotonic exercise in quadriceps strengthening. Arch Phys Med Rehabil. 1972;53:60-64.

Watkins MP, Harris BA, Kozlowski BA. Isokinetic testing in patients with hemiparesis. A pilot study. Phys Ther. 1984;64:184-189.

Bohannon RW. Relative decreases in knee extension torque with increased knee extension velocities in stroke patients with hemiparesis. Phys Ther. 1987;67:1218-1220.

Miyashita M, Kanehisa H. Dynamic peak torque related to age, sex and perfermance. Research Q. 1979;50: 249-255.

Ostering LR, Bates BT & James SL. Isokinetic & isometric torque force relationships. Arch Phys Med Rehabil. 1977;58:254-257.

Perry J. The mechanics of walking in hemiplegia. Clin Orthop Related Research. 1969;63:23-31.

Brandstater ME, de Bruin H, Gowland C et al. Hemiplegic gait: Analysis of temporal variables. Arch Phys Med Rehabil. 1983;64:583-587.

Rose GK. Clinical gait assessment: a personal view. J Med Engin Technol. 1983;7:273-279.

Davies GJ. Compendium of isokinetics in clinical usage. S and S Publishers. LA Crosse, W. I. 1984.

Wyatt MP & Edward AM. Comparison of quadriceps and hamstring torque values during isokinetic exercises. J Orthop Sports Phys Ther. 1981; 3:48-56.

Thorstensson A, Karlsson J. Fatiguability and fibre composition of human

skeletal muscle. Acta Phys Scand. 1976;98:318-322

Nicholas JJ, Robinson LR, Longan A et al. Isokinetic testing in young monathletic able-dodied subjects. Arch Phys Med Rehabil. 1989;70:210-213.

Golin BR, Charteris J. Isokinetic dynamometry, normative data for clinical use in lower extremity(knee) cases. Scand J Rehabil Med. 1979; 14:105-109.

Francis K& Hoobler T. Comparison of peak torque values of the knee flexor and extensor muscle groups using the Cybex II and Lido 2.0 isokinetic dynamometers. J Orthopaedic Sports Phys Ther. 1987;8:480-483.

Kannus P. Knee flexor and extensor strength ratios with deficiency of the lateral collateral ligament. Arch Phys Med Rehabil. 1988;69:928-931.

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. 1986;66: 23-31.

Murray MP, Gardner GM, Mollinger LA et al. Strength of isometric and isokinetic contractions: knee muscles of men aged 20 to 86. Phys Ther. 1980;60:412-419.

Gilliam TB, Sady SP, Freedson PS et al. Isokinetic torque levels for high school football players. Arch Physl Med Rehabil. 1979;60:110-114.

Ostering LR. Optimal isokinetic loads and velocities producing muscular power in human subjects. Arch Phys Med Rehabil. 1975;56:152-155.

Thorstensson A, Grimby G, Karlsson J. Force-velocity relations and fiber composition in human knee extensor muscles. J Appl Physiol. 1976;40:12-16.

Borges O. Isometric and Isokinetic knee extension and flexion torque in men and women aged 20-70. Scand J Rehabil Med. 1989;21:45-53.

Johnson T. Age-related differences in isometric and dynamic strength and endurance. Phys Ther. 1982;62:985-989.

Froese EA, Houston ME. Torque-Velocity characteristics and muscle fiber type in human vastus lateralis. J Appl Physiol. 1985;59:309-314.

Perry J. Kinesiology of lower extremity bracing. Clin Orthop Related Research. 1974;102:18-31.

Inman VT, Ralston HJ, Todd F. Human walking. Williams and Wilkins. Baltimore. 1981.

Glasser L. Effects of isokinetics training on the rate of movement during ambulation in hemiparetic patients.

Phys Ther. 1986;66:673-676.

Coyle EF, Feiring DC, Rotkis TC et al. Specificity of power improvements through slow and fast isokinetic training. J App Physiol. 1981;51: 1437-1442.

Knapik JJ, Ramos MU. Isokinetic and Isometric torque relationships in the human body. Arch Phys Med Rehabil. 1980;61:64-67.

Richard Y, Hinton N. Isokinetic evaluation of shoulder relational strength in high school baseball pitchers. American J Sports Med. 1988; 16:475-480.

Walmsley RP, Szybbo C. A comparative study of the torque generated by the shoulder internal and external rotator muscles in different positions and at various speeds. J Orthop Sports Phys Ther. 1987;9:217-222.

Moffroid M, Whipple RH. Specificity of speed of exercise. Phys Ther. 1970;50: 1699-1700.

Moritani T, Devries HK. Neural factors versus hypertrophy in the time course of muscle strength gain. Am J Phys Med. 1979;58:115-130.

Kanehisa H, Miyashtu M. Specificity of velocity in strength training. Eur J App Physio. 1983;52:104-106.

Timm KE. Investigation of physiological overflow effect from speed specific isokinetic activity. J Orthop Sports Phys Ther. 1987;9:106-110.

Davies GJ. Compendium of isokinetics in clinical usage and rehabilitation techniques. S & S Publisher. 1985; 1-120, 261-292.