

뇌졸중 환자에서 슬관절 굴근의 등속성운동이 슬관절 근력 및 보행에 미치는 영향

포천중문의과대학교 분당차병원

장 문 현

Effects of knee flexor isokinetic training on Knee muscles strength and walking speed in hemiplegia

Jang, Moon-Heon. R.P.T

College of Medicine, Pocheon CHA University Bundang CHA General Hospital

- ABSTRACT -

The purpose of this study was to determine the effects of knee flexor isokinetic training on the mean peak torque of knee muscles and hamstrings-to-quadriceps ratio(H/Q ratio) in hemiplegia able to walk independently for more than 10 meters, to analyze the effect of torque increasing on functional aspects; fatigability and ambulation times, also. Forty-one adult subjects with hemiplegia secondary to a stroke participated in this study. All participants were in/out patients at the College of Medicine, Pocheon CHA University, Bundang CHA General Hospital. The patients were allocated to two groups: one group exclusively for isokinetic maximal voluntary knee flexor training at 150°/sec(n=20) and the other exclusively for isokinetic maximal voluntary knee flexor training from 30°/sec to 150°/sec (n=21) gradually. The allocation was performed according to patient age, sex, affected side to minimize imbalance between the two training groups. Training was carried out from February 14th, 2000 to April 15th, 2000.

Analysis of the data was done by means of t-test, x²-test, paired t-test, ANOVA, and multiple regression analysis. The results of this study were as follows: 1. There were no significant differences between the two groups in mean peak torque of knee

muscles and relative decreases in knee extensor mean peak torque with increased knee flexor velocities before training ($P < .05$). 2. There was no significant differences between the two groups in the H/Q ratio, and no relative increases with increased knee flexor velocities before training. 3. there were significant changes in mean peak torque in group A after training ($P < .05$), but no significant differences as the velocity increased 4. there were significant changes in mean peak torque in group B after training ($P < .05$), but no significant differences as the velocity increased 5. there were no significant differences between the two groups, and no significant differences in mean peak torque increase rate between the groups with increased knee flexor velocities after training 6. H/Q ratio increased with increased knee flexor velocities between the two groups, but not statistically And there was no significant differences between the groups with increased knee flexor velocities 7. After training, Ambulation time and its decreasing rate decreased significantly in group B ($P < .05$) 8. Before and after training, there was no significant differences between the groups in the fatiguability 9. In the multiple regression analysis, mean peak torque increase rate of the knee extensor and flexor were higher in group B than A ($P < .05$), and significantly higher with increased knee flexor velocities ($P < .05$) Also, training method influenced on Ambulation times decreases significantly ($P < .05$). Results indicated that knee flexor isokinetic training was effective to knee extensor and flexor mean peak torque increase in the hemiplegia able to walk independently for more than 10 meters. Therefore, we were able to conclude that gradual training from low to high velocity was more effective in the increase of mean peak torque of knee joint and decrease of Ambulation times than training only at high velocity.

Key Words : Knee flexor, isokinetic, Memiplegia

I. 서론

1. 연구의 필요성

뇌졸중은 악성종양 및 심장질환과 더불어 사망 원인 중 가장 많은 부분을 차지하는 질환이다(김범생, 1991).

뇌졸중 후 특히 편측 상지 및 하지의 마비가 나타나는 기능적 장애를 겪게 되는데, 환자는 앉기

및 서기 등이 불가능해지므로 초기에는 주로 침상생활을 하게 된다. 초기의 근 이완기에는 합병증을 방지하기 위하여 마비 측의 수동적 관절운동을 실시하게 되며, 급성기가 지나서 어느 정도의 수의적 운동이 나타나면 능동적 보조 및 능동적 관절운동 등으로 마비 측의 근력을 증진시키는 치료를 시행하게 된다.

(Knutsson과 Martensson, 1980)은 뇌졸중 후에 오는 대표적인 문제로서 근력 약화를 꼽았

는데, 환자들은 대개의 경우 비마비측으로 마비측 하지의 약화를 보상하는 패턴을 보이며, 시간이 지남에 따라 마비측의 근력이 부분적으로 회복되어도 일상생활에서 마비측 다리는 가급적 사용을 피하면서 계속해서 비마비측을 필요 이상으로 많이 쓰는 경향을 보인다고 하였다.

(Engardt et al, 1995)은 이러한 기전을 뇌졸중 환자의 재활 시에 문제가 되는 학습성 불용성(learned disuse)이라 하였으며, 마비측 다리의 학습성 불용성을 제한시키는데 있어서 근력 증진 훈련이 효과적이라고 하였다. (Camels와 Minaire, 1995)는 관절역학 연구에서 주동근/길항근의 역할과 주동근의 신장성(eccentric) 및 단축성(concentric) 작용에 대하여는 많은 연구 결과가 보고되고 있지만, 주동근/길항근 비율의 중요성(Ostering, 1986)에 대해 보고한 바는 많지 않다고 하였다. 특히, (Engardt et al, 1995)은 편마비 환자의 경우 슬관절 신근에 비해 슬관절 굴근은 그 위축의 정도가 심하므로 슬관절 굴근과 신근의 균형비의 정상화를 위해 슬관절 굴근의 강화가 필요하다고 하였다.

근력을 증가시키기 위한 저항운동(resistive exercise)은 등척성 운동, 등장성 운동 그리고 등속성 운동으로 나눌 수 있다(Hislop와 Perrine, 1967). 등속성 운동에서는 근 수축의 속도를 임의로 조절할 수 있고, 저항은 관절가동범위 중 각 관절의 각도에서 나타나는 근육의 수축에 맞추어 변동되므로 환자가 낼 수 있는 수축력 이상의 저항이 가해지지 않는다. 따라서 등속성 운동은 현재 편마비 환자의 근력증진에 효과적인 방법으로 널리 쓰이고 있으며(Brnie와 Brodie, 1986), 등속성 운동기구에 의한 근력평가로 근력의 약화정도 및 가동범위를 정확하고 객관적으로 알 수 있다.

(전중선 등, 1991)이 편마비환자를 대상으로 한 군은 일반적인 재활치료를 그리고 다른 군은 등속성운동치료를 추가하여 6주간 실시한 연구에서, 등속성 운동치료군에서 슬관절 굴근과 신근의 최대우력치 및 $120^\circ/\text{sec}$ 에서의 일의 총량에서 유의하게 증가되었다고 보고하였다.

(Chokroverty et al, 1976)은 편마비 환자를 대상으로 시행한 근생검에서 type II 근섬유의 위축이 심하게 나타나는 것을 관찰하였고, 신경근 접합부의 형태학적인 변화가 있음을 관찰하였다고 보고한 바 있는데, (Thomee et al, 1978)이 빠른 속도로 등속성운동치료를 실시한 결과 운동 전에 비해 근생검에서 type II 근섬유가 차지하는 면적이 유의하게 증가되었음을 입증하였다.

한편, 중추신경계 손상으로 인한 근력약화의 치료를 위한 등속성 운동치료의 경우에는 각속도 등 등속성 운동효과에 대한 연구가 아직 많이 부족한 실정이다. 그리고 편마비 환자의 경우에는 고속에서의 등속성 운동을 시행하는데 많은 문제점이 있다. 이와 같이 편마비환자를 대상으로 한 군은 $150^\circ/\text{sec}$ 에서 또 한 군은 $30^\circ/\text{sec}$ 에서 $150^\circ/\text{sec}$ 로 점진적으로 속도를 높이면서 슬관절 굴근 등속성 운동을 실시하여 근력 및 슬관절굴근/슬관절신근의 비(H/Q ratio) 변화와 이에 따른 보행능력과 피로도 변화에 대한 보다 자세한 연구를 하고자 한다.

II. 연구방법

1. 연구대상 및 연구방법

본 연구의 대상은 뇌졸중으로 인하여 편마비 진단을 받고 포천중문의과대학교 분당차병원에 입원 중이거나 외래 치료 중인 환자 41명을 대상

으로 성별, 연령, 마비측 등을 교정하여 한 군은 150°/sec의 각속도에서(A군), 또 한 군은 30°/sec에서부터 150°/sec로 점진적으로 각속도를 높이면서 2000년 2월 14일부터 4월 15일 까지 슬관절 굴근에 대하여 등속성 근력증진 운동을 실시하였다. 본 연구의 참여에 동의한 환자의 조건은 다음과 같았다.

- 1) 뇌졸중으로 인해 편마비가 된 환자
- 2) 연구자가 지시하는 내용을 이해하고 따를 수 있는 환자
- 3) 독립적으로 10m 이상 보행이 가능한 환자
- 4) 양 하지에 정형외과적 질환이 없는 환자
- 5) 수동적으로 완전 슬관절 굴곡 및 신전이 가능한 환자
- 6) 양 하지에 강직정도가 Ashworth scale로 0~1인 환자
- 7) 본 연구에 자발적으로 참여하는 환자

2. 연구방법

대상환자들의 의무기록과 물리치료 기록지를 검토하여 환자들의 일반적 특성과 의학적 특성을 조사하였다. 일반적 특성으로는 연령과 성별을 조사하였으며, 전자체중계를 이용하여 체중을 측정하였으며, 신장은 신장기를 이용하여 측정하였다. 의학적 특성으로는 재활치료를 시작한 치료 개시일, 당뇨 유/무, 고혈압 유/무 등을 의무기록을 검토하여 조사하였으며, 뇌졸중의 원인과 마비측, 그리고 입원 혹은 외래치료 여부를 조사하였다. 운동 전 등속성 근력의 측정은 EN-knee 등속성 운동기구를 이용하였다. 먼저 연구대상자를 검사기구에 앉히고, 마비측의 슬개골 최상부에서 10cm 위쪽과 골반주변을 고정대로 고정하였으며, 양손을 사용할 수 없는 경우를 제외한다면 나머지 경우는 양손을 서로 잡게 하였고, 반대측

하지는 굴곡시킨 상태로 스트랩을 감아 고정하였다. 그리고 lever arm의 원위 말단부는 하퇴(lower leg) 외과돌기(lateral malleus) 바로 위쪽부분이 닿게 고정하였다. 모든 연구대상자를 대상으로 운동개시일 하루 전에 EN-knee 등속성 운동기구에 익숙하게 하기 위하여, 슬관절의 신전과 굴곡을 각각 10회씩 연습하도록 하였다.

슬관절의 등속성 근력은 슬관절 신근부터 측정하였다. 각속도를 30°/sec에 설정하고 슬관절을 편하게 굴곡 시킨 상태에서 최대한 빠르게 신전시키는 동작을 3회 반복하였으며, 이 때 측정된 최대근력의 평균치를 계산하여 기록하였다. 다음으로 60, 90, 120 및 150°/sec에서 각각 3회씩의 슬관절 신근의 최대근력을 측정하여 이들의 평균값을 기록하였으며, 각 검사간에는 충분한 휴식시간을 두었다. 다음으로 같은 방법으로 슬관절을 편안하게 신전 시킨 상태에서 최대한 빠르게 굴곡 시키는 동작을 3회 실시하여 슬관절 굴근의 등속성 근력을 30~150°/sec에서 측정하였다. 이러한 평가는 운동 전에 실시하였고, 4주간의 운동이 끝나고 다시 측정하였다.

슬관절의 신근에 대한 굴근의 근력비는 각각의 각속도에서 측정된 최대근력의 평균값을 이용하여 계산하여 기록하였으며, 운동 전과 4주간의 운동 후에 근력비를 같은 방법으로 계산하였다.

슬관절 신근과 굴근의 피로도는 (Watkin, 1984)이 썼던 방법을 이용하여 측정하였다. 즉, 150°/sec에서 15초간 최대한 빠르게 슬관절을 신전 및 굴곡 시켜 측정된 최대근력을 기록하여, 마지막 3회 최대근력의 평균값을 처음 3회의 최대근력의 평균값으로 나누어서 백분율로 측정하였다. 이렇게 슬관절 신근과 굴근의 피로도를 운동 전과 4주간의 운동 후에 측정하였다.

보행시간은 실내에서 10m의 평지를 최대한 빠

르게 걷는데 소요되는 시간을 초시계를 이용하여 측정하였다. 측정 전에 2회의 반복 연습을 실시한 후에, 운동 전과 운동 4주 후에 각각 측정하였다.

운동효과의 분석을 위하여 슬관절의 신근 근력, 굴근 근력, 근력비, 보행시간 및 신근 피로도와 굴근 피로도를 각각 변화율을 계산하여 통계 분석을 실시하였다.

각속도 150°/sec에서 운동을 실시한 A군에서, 운동은 EN-knee 등속성 운동기구에 앉은 상태에서 상기의 방법으로 잘 고정을 한 후에, 최대한 슬관절을 편 상태에서 가능한 한 빠르게 슬관절을 굴곡 시키도록 운동을 실시하였으며, 5회를 반복하여 운동을 실시하고, 약 1분간 휴식을 취한 후에 다시 같은 요령으로 5회 반복 운동을 실시하였으며, 총 5번을 반복하였다. B군에서는 같은 방법으로 5회씩 총 5번의 운동을 실시하였으며, 각속도를 30°/sec에서 먼저 실시하고 약 5분간의 휴식 후에 60, 90, 120 및 150°/sec에서

의 운동을 각각 실시하였다.

3. 분석방법

대상자의 일반적 및 의학적 특성은 t-검정과 X²검정을 실시하였다. 운동 전과 4주 운동 후의 근력 및 근력비, 보행시간, 피로도 등의 변화에 대해서는 t-검정, 짝비교 t-검정, 분산분석 등을 실시하였고, 근력 증가 및 근력비 정상화, 보행 시간 및 피로도의 감소 등이 실제로 운동방법에 의해 일어난 것인지를 알아보기 위해 다중회귀분석을 실시하였다.

III. 연구결과

1. 일반적 특성 및 의학적 특성

전체 환자 41명 중 150°/sec에서 운동을 실시한 A군이 20명이었고, 30°/sec에서부터 150°/sec로 점진적으로 각속도를 높이면서 운동을 실시한 B군은 21명이었다. 일반적 특성으로 평균연령, 성별분포, 평균체중 및 평균신장에서 양군간

표 1. 일반적 특성 및 의학적 특성

특 성	A군	B군
환자 수	20명	21명
성별(남:여)	8 : 12	11 : 10
평균연령(세)	51.7	50.3
평균체중(kg)	62.2	62.2
평균신장(cm)	165.2	164.8
평균치료개시일(일)	20.7	19.3
당뇨(유:무)	5 : 15	3 : 18
고혈압(유:무)	7 : 13	8 : 13
마비측(우:좌)	12: 8	11 : 10
원인(뇌출혈:뇌경색)	10: 10	11 : 10
입원 : 외래	16: 4	17 : 4

*A군: 150°/sec에서 운동한 군

*B군: 30 ~ 150°/sec에서 운동한 군

<연구의 틀>

<1단계>	<p>근력 및 근력비의 변화를 운동 전과 4주 후에 운동군별로 알아본다</p> <p style="text-align: center;"><i>t-test</i></p>
<2단계>	<p>근력 및 근력비의 변화를 각기 운동군내에서 운동 전-4주 후로 알아 본다</p> <p style="text-align: center;"><i>paired t-test</i></p>
<3단계>	<p>각 운동군에서 각속도에 따른 근력 및 근력비를 알아 본다</p> <p style="text-align: center;">ANOVA</p>
<4단계>	<p>근력증가율, 근력비, 보행시간, 피로도에 영향을 미치는 요인을 알아 본다</p> <p style="text-align: center;"><i>Multiple Regression Analysis</i></p>

에 유의한 차이가 없었다. 의학적 특성을 살펴보면, 뇌출혈환자가 21명, 뇌경색환자가 20명, 우측 편마비환자가 23명, 좌측 편마비환자가 18명이었다. 이들 환자가 재활치료를 시작한 평균치료개시일은 발병 후 평균 19일 이었으며, A군과 B군 간에는 평균치료개시일, 당뇨, 고혈압, 편마비측 및 마비원인 등에서 유의한 차이가 없었다(표 1).

2. 운동 전 운동방법에 따른 슬관절 굴근과 신근의 근력비교

운동 전 운동방법에 따른 슬관절 굴근과 신근의 근력 비교 결과 A군과 B군 모두에서 두 군간에 유의한 근력의 차이는 없었다. 각속도의 증가에 따른 근력의 변화를 살펴보면, 슬관절 신근의 경우 A군에서 30°/sec에서 65.1 N·m에서 150°/sec에서 24.1 N·m으로 변화하여 각속도 증가시 통계학적으로 유의하게 근력이 감소하였다 (P<.05). 이러한 변화는 B군에서도 마찬가지로 있었다. 그러나 슬관절 굴근의 경우에는 A군과 B군 모두에서 각속도 증가시 근력의 감소는 관찰되었지만, 통계학적으로 유의하지는 않았다(표 2).

표 2. 운동 전 운동방법에 따른 슬관절 굴근과 신근의 근력 비교

		각속도	A군	B군
신근	30°/sec	65.1±30.82	63.7±29.70	
	60°/sec	52.7±26.50	53.1±22.90	
	90°/sec	43.5±29.15	44.8±22.74	
	120°/sec	31.0±28.67	31.8±21.61	
	150°/sec	24.1±26.51	24.1±18.47	
굴근	30°/sec	22.1±26.51	22.3±24.61	
	60°/sec	20.5±26.32	19.2±24.51	
	90°/sec	19.2±25.50	16.7±23.11	
	120°/sec	15.9±21.26	14.5±21.54	
	150°/sec	11.9±19.65	10.8±18.07	

* Values are given as mean ± S.D. (N·m)

표 3. 운동 전 슬관절 신근에 대한 굴근의 근력비교

	A군	B군
30°/sec	46.5±107.63	46.4±97.87
60°/sec	57.8±144.51	52.5±125.88
90°/sec	57.9±136.16	49.5±119.52
120°/sec	63.9±126.34	51.5±116.55
150°/sec	57.2±128.38	48.2±116.96

* Values are given as mean ± S.D. (%). : Torque of Hamstring / Torque of Quadriceps) x 100

3. 운동 전 슬관절 신근에 대한 굴근의 근력비교

30°/sec에서 A군은 평균 46.5%이었고, B군은 평균 46.4%로 양군간에 유의한 차이가 없었다. 마찬가지로 다른 각각의 각속도에서 양군간에 유의한 차이가 없었으며, 슬관절 신근의 근력과는 다르게 근력비는 각속도의 변화에 따른 차이가 없었다(표 3)

4. A군에서 운동 후 최대평균근력 치의 변화

슬관절 신근의 경우 각속도 30°/sec에서 운동 전 평균 65.1 N·m에서 운동 후 평균 77.6 N·m으로

표 4. A군에서 운동 후 최대평균근력치의 변화

		운동 전	4주 후
신근	30°/sec	65.1 ± 30.28	77.6 ± 31.26
	60°/sec	52.7 ± 26.50	69.2 ± 28.22
	90°/sec	43.5 ± 29.15	60.0 ± 29.45
	120°/sec	31.0 ± 28.67	44.6 ± 28.41
	150°/sec	24.1 ± 26.51	43.2 ± 26.22
굴근	30°/sec	22.1 ± 26.51	32.1 ± 25.24
	60°/sec	20.5 ± 26.32	30.8 ± 28.00
	90°/sec	19.2 ± 25.52	33.0 ± 25.64
	120°/sec	15.9 ± 21.26	31.8 ± 22.59
	150°/sec	11.9 ± 19.65	29.2 ± 18.82

* Values are given as mean ± S.D. (N·m)

유의한 증가를 보였다($P < .05$). 이러한 운동 후 근력의 증가는 모든 각속도에서 유의하였다($P < .05$). 그러나 각속도별 근력 증가의 차이는 관찰되지 않았다. 슬관절 굴근의 경우 각속도 $30^\circ/\text{sec}$ 에서 운동 전 평균 $22.1 \text{ N} \cdot \text{m}$ 에서 운동 후 평균 $32.16 \text{ N} \cdot \text{m}$ 에서 유의한 증가를 보였다($P < .05$). 이러한 운동 후 근력의 증가는 모든 각속도에서 유의하였으나($P < .05$), 각속도별 근력 증가의 차이는 관찰되지 않았다(표 4).

5. B군에서 운동 후 최대평균근력 치의 변화

슬관절 신근의 경우 각속도 $30^\circ/\text{sec}$ 에서 운동 전 평균 $63.7 \text{ N} \cdot \text{m}$ 에서 운동 후 평균 $83.7 \text{ N} \cdot \text{m}$ 으로 유의한 증가를 보였다($P < .05$). 이러한 운동 후 근력의 증가는 모든 각속도에서 유의하였으나($P < .05$), 각속도별 근력 증가의 차이는 관찰되지 않았다. 슬관절 굴근의 경우 각속도 $30^\circ/\text{sec}$ 에서 운동 전 평균 $22.3 \text{ N} \cdot \text{m}$ 에서 운동 후 평균 $40.6 \text{ N} \cdot \text{m}$ 으로 유의한 증가를 보였다($P < .05$). 이러한 운동 후 근력의 증가는 모든 각속도에서 유의하였으나($P < .05$), 각속도별 근력 증가의 차이는 관찰되지 않았다(표 5).

표 5. B군에서 운동 후 최대평균근력치의 변화

		운동 전	4주 후
신근	$30^\circ/\text{sec}$	63.7 ± 29.70	83.7 ± 28.64
	$60^\circ/\text{sec}$	53.1 ± 22.90	66.3 ± 22.19
	$90^\circ/\text{sec}$	44.8 ± 22.74	61.5 ± 22.82
	$120^\circ/\text{sec}$	31.8 ± 21.61	47.8 ± 20.01
	$150^\circ/\text{sec}$	24.1 ± 18.47	46.8 ± 19.08
굴근	$30^\circ/\text{sec}$	22.3 ± 24.61	40.6 ± 24.85
	$60^\circ/\text{sec}$	19.2 ± 24.51	36.1 ± 26.23
	$90^\circ/\text{sec}$	16.7 ± 23.11	31.7 ± 23.14
	$120^\circ/\text{sec}$	14.5 ± 21.54	30.9 ± 18.14
	$150^\circ/\text{sec}$	10.8 ± 18.07	31.9 ± 17.61

* Values are given as mean \pm S.D. ($\text{N} \cdot \text{m}$)

표 6. 운동방법에 따른 슬관절 굴근과 신근의 근력증가 비교

각속도	A군		B군	
	신근	$30^\circ/\text{sec}$	77.6 ± 31.26	83.7 ± 28.64
	$60^\circ/\text{sec}$	69.2 ± 28.22	61.5 ± 22.82	47.8 ± 20.01
	$90^\circ/\text{sec}$	60.0 ± 29.45	46.8 ± 19.08	
	$120^\circ/\text{sec}$	44.6 ± 28.41		
	$150^\circ/\text{sec}$	43.2 ± 26.22		
굴근	$30^\circ/\text{sec}$	32.1 ± 25.24	40.6 ± 24.85	
	$60^\circ/\text{sec}$	30.8 ± 28.00	36.1 ± 26.23	
	$90^\circ/\text{sec}$	33.0 ± 25.64	31.7 ± 23.14	
	$120^\circ/\text{sec}$	31.8 ± 22.59	30.9 ± 18.14	
	$150^\circ/\text{sec}$	29.2 ± 18.82	31.9 ± 17.61	

* Values are given as mean \pm S.D. ($\text{N} \cdot \text{m}$)

6. 운동방법에 따른 슬관절 굴근과 신근의 근력증가 비교

슬관절 신근과 굴근에서 모두 각각의 각속도에서 평균최대근력은 양군간에 유의한 차이가 없었다. 즉, 운동방법에 따른 근력증가의 차이는 관찰되지 않았다(표 6).

7. 운동 후 근력증가양상의 비교

슬관절 신근에서는 모든 각속도에서 양군간에 유의한 차이가 없었다. 그러나, 슬관절 굴근에서는 30° , 60° , $90^\circ/\text{sec}$ 에서 B군에서의 근력증가율이 A군에 비하여 유의하게 증가하였다($P < .05$). 그렇지만, 근력증가율의 평균값과 표준편차값이 너무 높아 신뢰성이 있는 차이라고 보기에는 문제가 있었다(표 7).

8. 운동 후 신근에 대한 굴근의 근력비 변화

운동 후 신근에 대한 굴근의 근력비 변화는 A군과 B군에서 각각의 각속도에서 운동 후에 근력비가 증가하는 경향은 보였지만, 통계학적인 유의성은 없었다.

표 7. 운동 후 근력증가양상의 비교

	A군	B군	p-값	
신근	30°/sec	38.0±69.72	53.8±79.31	0.5016
	60°/sec	36.3±21.95	55.2±126.05	0.5054
	90°/sec	51.9±38.19	50.6±36.85	0.9157
	120°/sec	62.4±48.43	85.3±68.80	0.2542
	150°/sec	170.0±207.32	222.4±272.31	0.5167
굴근	30°/sec	40.1±31.62	375.6±449.45	0.0028**
	60°/sec	60.6±57.27	564.0±678.71	0.0037**
	90°/sec	64.4±39.78	436.7±626.75	0.0376**
	120°/sec	102.2±72.28	107.4±80.91	0.8759
	150°/sec	403.4±632.91	248.7±268.43	0.4900

* Values are given as mean ± S.D (%)

$$\frac{(\text{Torque at Post-Exercise}) - (\text{Torque at Pre-Exercise})}{(\text{Torque at Pre-Exercise})} \times 100$$

 **P<.05

표 8. 운동 후 신근에 대한 굴근의 근력비 변화

		운동 전	운동 후
A군	30°/sec	46.5 ± 107.63	48.5 ± 59.86
	60°/sec	57.8 ± 144.51	50.1 ± 72.38
	90°/sec	57.9 ± 136.31	58.8 ± 57.05
	120°/sec	63.9 ± 126.34	79.4 ± 52.75
	150°/sec	57.2 ± 128.38	75.2 ± 39.03
B군	30°/sec	46.4 ± 97.87	53.2 ± 47.87
	60°/sec	52.5 ± 125.88	63.2 ± 77.34
	90°/sec	49.5 ± 119.52	54.9 ± 51.29
	120°/sec	51.5 ± 116.55	68.5 ± 41.65
	150°/sec	48.2 ± 116.96	73.0 ± 38.23

* Values are given as mean ± S.D. (%)

$$\frac{(\text{Torque of Hamstring} / \text{Torque of Quadriceps}) \times 100$$

그리고 운동 후 근력비에서도 각각의 각속도에서 양군 간에 유의한 차이가 관찰되지 않았다(표 8).

9. 운동 전 · 후 보행시간 감소 및 감소율 비교

표 9. 운동 전 · 후 보행시간 감소 및 감소율 비교

	운동 전	운동 후
보행시간(sec*)		
A군	22.0 ± 10.21	21.7 ± 9.77
B군	23.2 ± 11.01	22.1 ± 11.02**
감소율(%)**		
A군		-0.44 ± 1.09
B군		-5.69 ± 3.93

* Values are given as mean ± S.D(sec).
 ** Values are given as mean ± S.D(%). (Ambulation times at Post-Exercise) - (Ambulation times at Pre-Exercise) / (Ambulation times at Pre-Exercise) × 100
 **P<.05

표 10. 운동 후 피로도 변화 및 변화율 비교

	운동 전	운동 후	감소율
신근			
A군	30.0±28.50	44.4±28.33	75.8± 64.12
B군	31.7±21.58	45.6±20.46	71.2±50.05

* Values are given as mean ± S.D. (%) * 감소율

$$\frac{(\text{Fatigue at Post-Exercise}) - (\text{Fatigue at Pre-Exercise})}{(\text{Fatigue at Pre-Exercise})} \times 100$$

운동 후 보행시간 감소 및 감소율 비교 결과 운동 전 A군과 B군간에 보행시간에 차이가 없었고, 운동 후 A군내에서는 보행시간의 유의한 차이가 없었지만, B군에서는 유의한 차이가 있었다(P<.05). 보행시간 감소율은 운동 후 보행시간에서 운동 전 보행시간을 감한 값에서 운동 전 보행시간을 나눈 백분율을 측정하였다. A군에서는 평균 0.44%의 감소만이 관찰되었지만, B군에서는 평균 5.69%의 감소율을 보여 통계학적으로 유의한 차이가 있었다 (P<.05, 표 9).

10. 운동 후 피로도 변화 및 변화율 비교

피로도는 운동 전과 운동 후에 각 군 내에서만 유의한 감소를 보였을 뿐 양군 간에서는 유의한 차이가 없었다. 피로도의 변화양상을 보다 정확히 보기 위하여

운동 후 피로도에서 운동 전 피로도를 뺀 것을 운동 전 피로도로부터 빼 100을 곱한 피로도 감소율을 구해 비교했을 때도 양군간에 슬관절 신근과 굴근 모두에서 유의한 감소가 없었다(표 10).

11. 슬관절 근력증가율에 대한 다중회귀분석

슬관절 근력증가율에 대한 다중회귀분석결과 슬관절 신근에서 일반적 및 의학적 특성에다 운동군 요인과 각속도 요인을 더해서 본 결과 운동군과 각속도에서만 유의하게 차이가 있었다(표 11).

IV. 고찰

1. 연구방법에 대한 고찰

본 연구에서 방법론상 제기될 수 있는 문제점들은 다음과 같다.

첫째, 본 연구는 연구대상자 선정 시 분당차병원에 입원 중이거나 외래로 치료받고 있는 편마비환자들로만 선정하였기 때문에 연구 결과를 전체 편마비 환자들에게 일반화시키는데 제한이 있다. 또한 연구대상자 선정기준에서 운동전 슬관절 굴근의 기능을 특정적으로 있어 표준편차가 컸던 바 150°

표 11. 슬관절 근력증가율에 대한 다중회귀분석

변수	신근		굴근	
	회귀계수(SE)	P-값	회귀계수(SE)	P-값
절편	29.31(9.97)	0.0037	23.52(7.68)	0.0025
일반적 특성				
연령	-0.03(0.05)	0.4948	-0.06(0.04)	0.0860
성별				
여 : 0				
남 : 1	0.61(0.84)	0.4697	1.18(0.64)	0.0696
체중	-0.01(0.05)	0.8691	-0.05(0.04)	0.2166
신장	-0.07(0.06)	0.2193	-0.04(0.05)	0.4017
의학적 특성				
고혈압				
유 : 0				
무 : 1	-0.02(0.76)	0.9779	.51(0.59)	0.0110**
당뇨				
유 : 0				
무 : 1	0.30(0.96)	0.7513	0.51(0.74)	0.4930
치료개시일	-0.01(0.05)	0.8813	0.08(0.04)	0.0532
마비측				
우 : 0				
좌 : 1	-0.02(0.76)	0.9746	0.15(0.58)	0.8015
원인				
뇌출혈 : 0				
뇌경색 : 1	-0.78(0.75)	0.2973	0.12(0.58)	0.8051
입원 : 외래				
입원 : 0				
외래 : 1	-0.50(0.90)	0.5815	-0.68(0.69)	0.3219
운동군				
A군 : 0				
B군 : 1	-2.09(0.62)	**0.0009	-4.27(0.48)	0.0001**
각속도(°/sec)	0.03(0.01)	**0.0001	0.04(0.01)	0.0001**
R ²	0.16		0.04	
(Adjust R ²)	(0.10)		(0.40)	
F-값	3.00	0.0007	12.38	0.0001

**P<.05

/sec에서 15초간 굴곡과 신전을 실시해 구한 피로도에서 굴근의 경우 근력의 편차가 크게 나와 신뢰성 있는 '차이'로 보기에는 문제가 있었고 전체적인 연구결과에도 부정적인 영향을 미쳤던 것으로 생각된다.

둘째, 등속성 운동을 시행하는 근육에 대하여 최대평균근력만을 구하였으며, 최대근력 발생시의 관절각도, 최대근력가속에너지, 일의 총량, 일률 등은 측정(김명신 등, 1997)하지 못하였다. 위의 평가 지표는 임상적으로 근육을 평가하는데 많이 쓰이고 있으나 이 연구에서는 근육을 평가하고자 한 것이 아니므로 운동 전과 후에 최대평균근력을 측정하여 근력의 변화양상과 H/Q ratio를 구하는데 있어서는 무리가 없으리라 생각된다.

셋째, 모든 연구대상자를 대상으로 운동개시일 하루 전에 EN-knee 등속성운동기구를 이용한 운동 전·후에서의 근력측정 및 운동방법에 익숙하게 하기 위하여, 슬관절 신전과 굴곡을 각각 10회씩 연습하였는데, 각 속도마다 측정 전최대하수축력을 발휘하여 4번의 슬관절 신전과 굴곡 운동을 반복시켜 등속성 운동에 익숙하게 한 다음 운동 전 슬관절 검사를 실시한 후 2일간의 휴식을 취한 후 2일 간격으로 1주일 3번씩 운동을 실시(강성웅 등, 1991)한 다른 연구와는 실습 방법 및 운동강도에 있어서 차이가 있었던 바 결과에도 그 영향이 미쳤을 것으로 생각된다.

넷째, 본 연구에서는 토, 일요일을 제외하고 월요일부터 금요일 까지 매일 4주간에 걸쳐 운동을 실시하였는데, 운동기간으로 볼 때 근력증가에 있어 근성요인과 신경인성 요인의 효과를 모두 기대하기는 어려웠던 것 같다. 그렇다고는 해도 일반적으로 등속성운동기구를 이용한 등속성운동기간을 6주동안 주 3회씩 실시하는 방법(강성

웅 등, 1991)과 비교했을 때 운동량, 운동빈도 등의 변수의 작용에 대해 이상적인 해답을 제시할 수 없으므로 고려의 대상이 되는 바, 등속성 운동프로그램을 위한 최적의 운동방법, 운동량, 운동기간 등에 대한 정확한 프로토콜 확립이 필요할 것으로 생각된다.

2. 연구결과에 대한 고찰

(Don et al, 1979)은 운동방법에 따른 운동효과와 특이성에 대하여, 7주간의 동적 근력운동 후에 정적근력에는 근력의 변화가 없다고 보고하였고, (Coyle et al, 1981)도 6주간의 등속성 운동 후 등속성 근력 변화는 현저하였는데 반해 정적근력의 변화는 없었다고 보고하였다. 이러한 운동방법에 따른 근력증가의 특이성뿐만 아니라, 동일한 운동 내에서도 수축의 속도와 관절가동범위에 따른 근력증가의 특이성도 많이 논의되고 있다. (Moffroid와 Whipple, 1983)이 느린 속도에서 운동을 실시한 경우 느린 속도에서만 근력의 증가가 있었으며, 빠른 속도에서의 운동 시에는 운동을 실시한 속도와 그 이하의 속도에서만 근력의 증가가 있었다고 보고한 후 운동속도에 따른 효과의 특이성에 대해 많은 연구가 보고되고 있다.

(강성웅 등, 1991)은 운동과정에서 운동의 효과가 나타나는 양상을 안다면 운동과정을 효율적으로 구성하는데 많은 도움이 될 수 있으며, 따라서 등속성 운동에서도 특정 운동속도에서 운동을 실시한 후 근력의 증가가 나타나는 양상을 아는 것이 환자에게 효과적인 등속성 운동기구의 사용을 위한 적절한 운동속도를 결정하는데 많은 도움이 된다고 하였다. (Thortensson et al, 1976)은 type II 근 섬유가 많을수록 빠른 속도

에서 높은 근력치를 나타낼 수 있다고 하며 type II 근 섬유가 상대적으로 많이 위축되어 있는 편마비 환자에 있어 각속도가 빨라질수록 정상인에 비해 검사수행이 힘들 것으로 보고하였다. (Thomee et al, 1982)도 비슷한 연구를 한 결과 빠른 속도로 운동치료한 군에서 근생검시 type II 근 섬유가 차지하는 면적이 유의하게 증가되었으며 운동치료로 인한 근력의 증가는 근섬유의 비대, 통증의 억압 및 운동단위의 활성화도가 커지며 동시화(synchronization)가 좋아지는 것 때문이라고 하였다. (Coyle et al, 1981)은 빠른 속도로 운동 치료한 군은 모든 각속도에서 의미 있는 근력의 증가를 보인 반면, 느린 속도로 운동 치료한 군에서는 느린 속도에서만 근력의 증가를 보인다고 하였으며, 다른 연구자들과 마찬가지로 빠른 속도로 운동 치료한 군에서 근생검시 type II 근 섬유의 비대를 관찰하였다고 보고하였다. 이와 같이 저자들에 따라 서로 다른 결과들을 보고하였다.

본 연구에서는 고속에서 운동한 군과 저속에서 점진적으로 고속으로 각속도를 높이면서 운동한 군 모두에서 슬관절 신근과 굴근에서 모든 각속도에서 유의한 근력의 증가를 보였고, 각속도 증가에 따른 차이는 없었는데, 빠른 속도로 운동 치료한 군은 모든 각속도에서 의미 있는 근력의 증가를 보였다고 보고한 (Coyle et al, 1981)의 보고와 같은 결과이었다. 하지만 A군과 B군간에 최대평균근력치에는 차이가 없었고, 근력증가양상을 보다 자세하게 평가하기 위하여 운동 후 근력에서 운동 전 근력을 빼서 구한 근력증가량을 운동 전 근력으로 나누어 백분율을 계산하여 측정된 근력증가율로 비교했을 때에는 슬관절 신근에서는 두 군간에 유의한 차이가 없었고, 슬관절 굴근에서만 30, 60, 90°/sec에서 B군의 근력증

가율이 유의하게 높았다. 이 결과는 type II 근 섬유의 위축이 있는 편마비환자들을 대상으로 등속성 운동치료 시에는 빠른 속도로 운동시키는 것이 type II 근섬유를 활성화시키는 방법이 되겠으나 빠른 속도로 운동치료 시 근력측정이 잘 안되어 환자의 동기유발이 안 일어나는 경향이 있으므로 편마비환자들을 대상으로 등속성 운동치료 시 느린 속도에서 시작하여 환자의 회복 정도에 따라 점차 빠른 속도의 운동치료 방법을 제안했던 (Thistle, 1967)의 의견과는 상충되었다. 근력의 변화양상이 실제로 운동방법과 운동 각속도에 의한 것인지에 관한 다중회귀분석 결과 A군에 비해 B군에서의 근력증가율이 2.09% 더 높았고, 각속도가 1°씩 높아질 때마다 근력증가율이 0.03%씩 높아져 각속도를 30°/sec에서 60°/sec로 올리면서 운동할 경우 총 0.9%의 근력증가율의 효과를 기대할 수 있었다. 한편 신근에 대한 굴근의 근력비에는 의미 있는 변화가 없었는데, 근력비 변화양상을 보다 자세하게 평가하기 위하여 운동 후 근력비에서 운동 전 근력비를 빼서 구한 근력비증가량을 운동 전 근력비로 나누어 백분율을 계산하여 측정된 근력비변화율로 계산한 결과, 슬관절 신근에서는 두 군간에 유의한 차이가 없었고, 슬관절 굴근에서만 30, 60°/sec에서 B군의 근력증가율이 유의하게 높았다. 길항근/주동근의 근력비는 정상관절기능을 위한 균형상태를 대표하기 때문에, 특정질환의 발전에 있어서 초기요인으로 또는 수술 후 추적조사나 특정 기능적 예후에 대한 재활의 요소로서 그 가치가 충분하다 하겠다(Grace et al, 1984). (Calmels과 Minaira, 1995)는 근육은 관절주변조직(낭, 인대 등)에 대해 관절을 수의적으로 지지해주는 유일한 구조로써 움직임의 개시 및 그에 대한 길항적 작용에 관여하며, 또한

관절이 움직이는 동안에 길항근의 작용을 살펴보자면 피질수준에서는 그 작용이 주동근과 비슷하며, 스트레치에 대한 민감도, 각 주동근에 의해 발생한 힘, 움직이는 속도 등의 다양한 요인과 상호작용을 맺고 있다고 하였다. (Solomonow et al, 1988)은 이런 요인들은 움직임 개시에는 길항근을 억제해주고, 반대로 움직임의 종료 시에는 이를 위해 길항근의 활동을 증가시키는 역할을 한다고 하였고, (Hirokawa et al, 1991)은 이와 같이 관절에 무리가 가지 않는 범위 내에서 자연스러운 움직임이 이루어질 수 있도록 주동근과 길항근이 특정비율로 참여하여 작용한다고 하였다. 그러나 (Knapik et al, 1983)은 특정한 주동근/길항근에 대한 일률적이고 절대적인 비율을 구하기란 쉽지 않다고 하였는데, 특히 수축형태(등척성, 등장성, 등속성)나 움직이는 속도에 따라 근력치에 생리학적 변수가 작용하여 그렇다고 하였다. (Nosse, 1982)는 슬관절 굴근/신근 비율은 1보다는 작으며 평균적으로는 0.60에 해당한다고 하였으며, (Knutsson et al, 1980)은 슬관절 근력비는 동심성 수축동안에는 각속도가 50°/sec에서 400°/sec로 증가함에 따라 0.58에서 0.78로 증가한다고 보고하였다. (Kannus와 Jarvinen, 1990)은 낮은 각속도에서 운동할 때는 약 50%의 근력비의 증가를 보인 반면, 각속도가 300°/sec로 증가함에 따라 100%로 증가하였다고 보고하면서 각속도가 증가함에 따라 근력비 또한 증가한다고 하였는데 이러한 차이는 근육의 특정한 기능적 및 조직학적 변수에 의한 것 때문이라고 하였다.

이상에서와 같이 근력 증가 기전으로는 근성 요인과 신경인성 요인으로 나눌 수 있다. (Wilmore, 1975)가 근비대 없이 근력의 증가가 있었다고 보고한 후 근력의 증가는 근비대 외에 근육의 최대

수축력 발휘에 장애를 주는 골지 건 기관(Golgi tendon organ)의 감수성을 감소시켜 그 억제 작용을 방해하고, 근수축시 동원되는 운동단위수의 증가, 그리고 동원된 운동단위의 발사빈도(fire frequency) 및 동시화(synchronization) 등 같은 신경인성 요인이 함께 관여하는 신경-근 복합적인 작용에 의해 발생되어지는 것으로 생각되고 있다. 또한 근력의 초기증가는 일차적으로 향상된 협응 능력, 향상된 학습능력, 주동근의 증가된 활성화 등의 신경계의 적응과 관련이 있는 것으로 보이며 후기의 장기적인 증가는 주로 근비대의 결과로 보고 있다(강성웅 등, 1991).

(Glasser, 1986)는 일반적인 보행훈련만 받은 군에 비해 등속성 운동치료를 부가하여 치료받은 군에서 보행속도는 빨라지지 않았으나, 환측 하지의 보행형태가 좋아지고 보폭이 증가되었으며 빠른 속도로 운동치료 시 느린 속도로 운동할 때 보다 좀 더 효과적이었다고 보고하면서 근신경계 손상환자에 있어 등속성 운동치료는 회복기의 말기에 아주 효과적이라고 주장하였다. 본 연구결과에서는 양 군 간에 운동 후에서의 보행시간에 있어 두 군간에 유의한 차이를 보이지는 않았지만, 보행시간 감소율을 구하여 그 변화양상을 보다 자세히 분석해 한 결과 A군에서는 0.44%, B군에서는 5.69%의 감소율을 보여 B군에서 유의하게 감소하였음을 알 수 있었다. (전중선 등, 1989)도 등속성 운동 치료 후 많은 환자들이 보행에 필요한 보조기가 필요 없게 되었으며, 10m를 걷는 보행속도 역시 등속성운동치료를 받은 군에서 유의하게 증가되었다고 보고하였다. 또한 피로도 측정에서는 근력의 증가에 따른 감소율을 측정하여 두군을 비교해보았을 때 뚜렷한 감소나 차이는 볼 수 없었다. 이는 (Watkins et al,

1983)이 운동 전과 후에 편마비 환자의 환측에서 29%의 피로도의 감소를 보고한 결과와는 상이하였다. 본 연구결과로 보아서 슬관절 굴근의 등속성운동이 굴근, 신근의 근력증진에 효과적이었고 운동방법에 있어서도 저속에서 고속으로 점진적으로 속도를 높여가면서 운동하는 방법이 유용하였으나 근력비의 정상화에는 도움이 되지 못하였고, 고속에서의 등속성 운동 결과 모든 각속도에서 근력증진의 효과가 있었으나 각속도에 따른 차이는 없었다. 한편, 슬관절근력증진과 근력비의 정상화가 보행시간은 증가시키고 근피로도는 감소시킬 것으로 예상하였으나 근력증가의 효과로써 보행시간은 고속에서만 운동한 군에 비해 각속도를 저속에서 고속으로 점진적으로 높이면서 운동한 군에서 유의하게 감소하였으나 근피로도의 감소 효과는 볼 수 없었다.

이상에서와 같이 근력증가에 있어 운동방법에 따른 뚜렷한 차이는 볼 수 없었지만, 근력증가양상을 보다 자세히 분석해 본 결과 운동속도를 점진적으로 높이면서 운동하는 방법이 어느 정도 근력증진 및 보행시간 감소에 효과적인 방법으로 예측된다.

V. 결론

본 연구를 통해 얻은 결론은 다음과 같다.

1. 두 군간에 운동 전 슬관절 굴근과 신근의 평균최대근력은 차이가 없었으며, 각속도의 증가에 따른 근력의 감소는 슬관절 신근에서만 유의하였다 ($P < .05$).
2. 두 군간에 운동 전 슬관절 신근에 대한 굴근의 평균 근력비는 차이가 없었으며, 각속도에 따른 근력비의 변화는 없었다.
3. 고속에서 근력강화운동을 실시한 A군에서

평균최대근력은 운동 후 모든 각속도에서 유의하게 증가하였으나($P < .05$), 각속도 별 근력 증가의 차이는 없었다.

4. 저속에서 고속으로 단계별로 근력강화운동을 실시한 B군에서 평균최대근력은 모든 각속도에서 유의하게 증가하였으나($P < .05$), 각속도 별 근력 증가의 차이는 없었다.

5. 두 군간에 슬관절 신근과 굴근의 운동 후 평균최대근력은 유의한 차이가 없었으며, 근력증가율도 두 군간에 모든 각속도에서 유의한 차이가 없었다.

6. 운동 후 신근에 대한 굴근의 근력비는 두 군 모두에서 각각의 각속도에서 증가하였지만, 통계적 유의성은 없었으며, 두 군간에 유의한 차이도 없었다.

7. 운동 후 B군에서만 보행시간이 유의하게 감소하였으며($P < .05$), 감소율도 B군에서 유의하게 높았다 ($P < .05$).

8. 두 군간에 신근과 굴근 모두에서 운동 후 피로도는 유의한 차이가 없었으며, 각 군에서 운동 후 피로도의 유의한 변화도 없었다.

9. 다중회귀분석 결과, B군에서 슬관절 신근과 굴근의 근력증가율이 유의하게 높았으며 ($P < .05$), 각속도의 증가 시 근력증가율은 유의하게 높았다($P < .05$). 그리고 보행시간의 감소에도 운동방법이 유의하게 영향을 미쳤다($P < .05$).

이상의 결과에서 10m 이상 보행이 가능한 편마비환자에 있어 등속성 운동기구를 이용한 슬관절 굴근의 근력증진 운동은 슬관절 신근과 굴근의 근력증진에 있어서 효과적이었으며, 고속에서만 운동보다는 저속에서 고속으로의 점진적 운동이 근력증진 및 보행시간 감소에 보다 효율적임을 알 수 있었다.

참고 문헌

- 김명신, 윤태식, 노권재, 왕진만. 전방 십자인대 재건술 후 등속성 운동검사와 기능적 활동도. 대한재활의학회지, 21(6); 1154-1166, 1997.
- 김범생. 뇌졸중의 진단. 대한의학협회지, 35; 991-997, 1992
- 강성웅, 문재호, 조정자, 신정순. 슬관절 신근과 굴근의 등속성 운동 효과에 대한 연구. 대한재활의학회지, 15(3); 77-90, 1991
- 전중선, 신정순, 전세일. 편마비환자에 대한 등속성 운동치료의 효과. 대한재활의학회지 15(3); 57-68, 1991
- Burnie J, Brodie DA: Isokinetics in the assessment of rehabilitation. Clinical Biomechanics, 1; 140-146, 1986
- Calmels P, Minaire P. A review of the role of the agonist/antagonist muscle pairs ratio in rehabilitation. Disabil Rehabil, 6; 265-276, 1995
- Chokroverty S, Reyes MG, Rhbino FA, Baron KD: Hemiplegic amyotrophy. Muscle and motor point biopsy study. Arch Neurol, 33; 104-110, 1976
- Coyle EF, Feiring DC, Rotkis TC, Cote III RW, Roby FB, Lee W, Wilmore JH. Specificity of power improvement through slow and fast isokinetic training. App Physiol, 51; 1437-1442, 1981
- Dons B, Bollerup K, Bonde-Peterson F, Hanke S. The effect of weight lifting exercise relate to muscle fiber composition and muscle cross-sectional area in humans. Eur J Apply Physiol, 40; 95-106, 1979
- Engart M, Knusson E, Jonsson M, Sternhag M. Dynamic muscle strength training in stroke patients: effects on knee extension torque, electromyographic activity, and motor function. Arch Phys Med Rehabil, 76; 419-425, 1995
- Glasser L. Effects of isokinetic training on the rate of movement during ambulation in hemiparetic patients. Phys Ther, 66; 673-676, 1986
- Grace TG, Sweeter ER, Nelson MA, Yden LR, Skipper BJ. Isokinetic muscle imbalance and knee joint injuries. J Bone Joint Surg, 66; 734-740, 1984
- Hirokawa S, Solomonow M, Luo Z, D' Ambrosia R. Muscular co-contractions and control of knee stability. J Electromyogr inesiol, 1; 119-208, 1991
- Hislop HJ, Perrine JJ. The isokinetic concept of exercise. Phys Ther, 47; 114-117, 1967
- Kannus P, Jarvinen M. Knee flexor/ extensor strength ratio follow-up of acute knee distorsion injuries. Arch Phys Med Rehabil, 71; 38-41, 1990
- Knapik JJ, Mawdsley RH, Ramos MU. Angular specificity and test mode specificity of isometric and isokinetic strength training. J Orthop Sports Phys Ther, 5(2); 58-65, 1983
- Knutsson E, Martensson A: Dynamic

- motor capacity in spastic paresis and its relation to prime motor dysfunction, spastic reflexes and antagonist co-activation. *Scand J Rehab Med*, 12; 93-106, 1980
- Moffroid M, Whipple R, Hofkosh J, Lowman E, Thistle H. Study of isokinetic exercise. *Phys Ther*, 49; 735-747, 1969
 - Ostering LR. Isokinetic dynamo meter: Implication for muscle testing and rehabilitation. *Ex Sport Sci Rev*, 14; 45-80, 1986
 - Solomonow M, Baratta R, Zhou BH, D' Ambrosia R, Electromyogram coactivation Patterns of the elbow antagonist muscle during slow isokinetic movement. *Exp neyrol*, 100; 470-477, 1988
 - Thistle HG, Hislop HJ, Moffroid M. Isokinetic contraction: new concept of resistive exercise. *Arch Phys Med Rehabil*, 48; 279-282, 1967
 - Thomee R, Renstrom P, Grimby G, Peterson L: Slow or fast isokinetic training after knee ligament surgery. *J Oritho Sports Phys Ther*, 8; 475-479, 1987
 - Thorstensson A, Grimby G, Karlsson J. Force-velocity and fiber composition in human extensor muscle. *J Appl Physiol*, 40; 12-16, 1976
 - Watkins MP, Harris BA, Koziowski BA: Isokinetic testing in patients with hemiparesis: A pilot study. *Phys Ther*, 64; 184-189, 1984
 - Westing SH, Seger JY. Eccentric and concentric torque velocity characteristics, torque output comparisions, and gravity effect torque corrections for quadriceps and hamstring muscle in females. *Int J Sports Med*, 10; 75-180, 1989
 - Wilmore JH: Alterations in strength, body composition and anthropometric measurements cons equents to a 10 week weight training program. *Med Sci Sports Exerc*, 6; 133-138, 1974