

정상인과 편마비 환자의 주관절 등척성 운동시 우력양상과 심혈관계에 미치는 영향

김천제일병원 물리치료실

신 형 수

동주대학 물리치료과

황 보 각

대구대학교 재활과학대학원 재활과학과 물리치료전공

임 원 식

대구대학교 재활과학대학 물리치료학과

김 중 선

Torque Curves and Cardiovascular Response to Isometric Exercise at the Elbow Joint in Normal and Hemiplegic Subjects

Shin, Hyung-Soo, P.T., M.S.

Department of Physical Therapy, Kim-Chun Jae-II Hospital

Hwang-Bo, Gak, P.T., M.S.

Department of Physical Therapy, Dong-Ju College

Lim, Weon-Sik, P.T.

Department of Physical Therapy Graduate School of Rehabilitation Science, Taegu University

Kim, Chung-Sun, P.T., Ph.D.

Department of Physical Therapy, College of Rehabilitation Science, Taegu University

< Abstract >

The isometric torque of the elbow flexor and extensor muscles were measured for 6 seconds at a joint angle of 90°, in 10 normal subjects (control group) and 10 hemiplegic subjects(patient group), using the Cybex NORMTM System.

The peak torque, the time to peak torque were measured for each exercise. In addition, heart rate and blood pressure were recorded simultaneously at rest and immediately following exercise completion at 1 and 3 minutes.

Statistical analysis was performed using SPSS 8.0 for Windows software and mean and standard deviations were calculated.

The results are as follows.

1) In the patient involved group, the isometric values for flexors and extensors were significantly lower than in the normal nondominant group($p < .05$).

2) The extensor to flexor strength ratio in the isometric mode was 121.0% in the patient involved group compared with 78.7% in the normal nondominant group, a significant difference ($p < .05$).

3) The mean increment ratio was increased 19.0% for systolic blood pressure and 25.2% for diastolic blood pressure in the patient group.

4) The mean increment ratio was increased 36.0% heart rate in the patient group.

1. 서 론

뇌졸중으로 인한 편마비 환자는 수의적 운동능력 감소, 근력 약화, 경직 등으로 인하여 일상생활에 제한이 있으며(Bourbonnais와 Noven, 1989; Bohannon 등, 1991), 여러 연구에서 편마비 환자의 근력 증진을 위한 운동프로그램을 신경발달치료와 함께 시행하며 근력의 증가를 강조하고 있다(Lord와 Hall, 1986; Dickstein 등, 1986; Basmajian 등, 1987; Miller와 Light, 1997).

근력의 증진 방법으로는 등장성 운동, 등속성 운동, 등척성 운동 등 다양한 방법이 있다. Colebatch 등(1986)은 편마비환자를 대상으로 환측 주관절에 대한 등척성 운동을 주관절각도 90도에서 시행하여 주관절 굴곡근보다 신전근의 근력이 높으며, 좌우측이나 성별에 영향을 받지 않는 굴곡근에 대한 신전근의 근력비를 치료지침으로 사용할 것을 주장했다. 신지철 등(1994)은 정상인과 편마비환자의 등척성 운동에서 견관절 90도 굴곡 및 30도 외전에서 주관절 등척성 운동시 성별에 따라 유의한 차이가 있다고 했다. 한편, Bohannon과 Smith(1987)는 주관절의 등척성 운동을 시행하여 견측에 대한 환측의 근력 감소율이 굴곡근과 신전근에서 차이가 없었다고 보고했다.

등척성 운동은 다른 운동에 비해 특별한 기구 없이 손쉽게 신체의 거의 모든 근육에서 시행하는 것이 가능하고 비교적 시간이 적게 들며 운동으로 인한 근육통 유발 등의 문제점을 배제할 수 있고, 움직일 때 통증이 생기거나 움직일 자체가 금기인 관절의 운동에도 적합한 방법이다(Larsson 등, 1978; Delisa, 1988). Bourbonnais와 Noven(1989)은 상지의 근력약화는 편마비 환자의 일상생활에 장애를 초래한다고 하였고, Bohannon 등(1991)은 편마비 환자의 운동치료시 근긴장의 감소보다도 주동근의 활성화에 주력해야 한다고 했다.

등척성 운동이 실제로 효과를 거두려면 근육 섬유유

피로를 유발시킬 정도의 강한 힘과 모든 근육 섬유가 동원 될 수 있을 정도의 충분한 시간 동안 수축 하는 것이 중요하다(Delisa, 1988). 등척성 운동시 수축 시간에 대해서는 이전의 연구자들은 서로 다른 등척성 수축시간 및 기간에 대한 운동 효과를 보고했다(McDonagh와 Davies, 1984). 운동시 유발되는 근력은 해부학적, 역학적 그리고 생리학적인 여러 인자들, 즉 근육의 횡단면적, 길이-장력관계, 연령, 신장 및 체중등에 의하여 영향을 받게 된다(Watson과 O' Donovan, 1977; Schantz 등, 1983). 등척성 운동시 수축기와 확장기 혈압 및 심박수가 모두 증가되는 것으로 알려져 있으나 그 증가 정도는 최대 자발 수축의 정도 및 수축하는 시간과 밀접한 관계가 있다(Mitchell과 Wildenthal, 1974).

Silva 등(1999)은 등척성 운동에서 심박수는 슬관절 굴곡근보다 슬관절 신전시 항상 증가했다고 보고 하고, 또한 EMG상에서도 슬관절 굴곡근보다 슬관절 신전시 더 높게 나타난다고 보고했다. 혈압과 심박수의 증가 기전에 대해서는 여러 연구 결과에 따르면 즉각적인 반응 속도로 볼 때, 신경인성 기전에 의한 것일 가능성이 가장 높으며, 이를 크게 중추성과 말초성 두가지로 나누어 설명하고 있다(Donald 등, 1967; Mitchell과 Wildenthal, 1974). Goodwin 등(1972)은 자발적으로 근육 수축을 하고자 하는 의지 자체가 하나의 중추성 충동(central drive)으로 작용하여 혈압과 심박수의 증가를 일으킨다고 하고, Alam과 Smirk(1937)은 말초성 기전에서는 근육수축시 생성되는 대사물질 등에 의해 근육내의 특정수용체가 자극을 받아 이에 대한 작용으로 심혈관계 반응이 나타난다고 했다. 그럼에도 불구하고 Donald 등(1967), Mitchell과 Wildenthal (1974)은 등척성 운동을 시행함에 있어서 혈압 및 심박수의 증가가 유발되어 편마비 환자의 적용시 제한적인 요소로 작용할 수가 있다고 했다.

이에 본 연구에서는 주관절의 등척성 운동을 시행한 후, 굴곡근과 신전근에 대한 최대 등척성 우력치와 이에 이르는 시간과 굴곡근에 대한 신전근의 비도 함께 측정

하고, 운동 전후 경과에 따른 혈압과 심박수를 측정하여 정상인과 편마비 환자의 전반적인 등척성 운동의 우력 양상과 혈압, 심박수의 변화를 비교함으로써 편마비 환자에 대한 효과적이고 안전한 등척성 운동의 평가 및 처방이 되게 하고 편마비 환자에 대한 물리치료의 치료방향 설정에 도움이 되고자 하였다.

II. 연구방법

1. 연구기간 및 연구대상자

1) 연구기간

본 연구의 연구기간은 2000년 9월 24일부터 동년 9월 27일까지 기준 조건에 합당한 정상인 2명과 환자 2명을 대상으로 예비실험을 실시한 후, 문제점을 보완 수정하여 2000년 10월 1일부터 동년 10월 10일까지 예비실험 대상자를 포함한 연구대상자 전원에 대해 실험을 시행하였고 동년 10월 21일에 실험에 대한 분석을 마쳤다.

2) 연구대상자

본 연구대상자중 정상군으로는 김천에 거주하는 40세 이상의 건강한 성인남녀 10명을 대상으로 하였으며, 선정조건으로는 첫째, 근골격계 질환의 기왕력이 없는 자 둘째, 주관절 외상의 기왕력이 없는 자로 선정하였다. 편마비 환자군으로는 김천OO병원에서 외래 통원으로 물리치료를 받고 있는 환자들 중 본 연구 대상자의 선정조건에 맞는 10명의 환자를 대상으로 하였으며 대상자의 선정 조건은 다음과 같았다.

첫째, 뇌출혈, 뇌경색으로 인해 편마비가 된 자.

둘째, 외상성 뇌손상으로 인한 편마비 환자는 제외시킴.

셋째, 타인의 신체적 도움 없이 10분이상 독립적인 선 자세 유지가 가능하고 보행이 가능한 자.

넷째, 양 상지에 정형외과적 질환이 없는 자.

다섯째, 연구자가 지시하는 내용을 이해하고 따를 수 있는 자.

여섯째, 본 연구에 참여할 것을 동의한 자.

일곱째, 주관절의 운동범위의 제한이 없고 주관절의 근력이 MMT상 Fair이상 인자.

여덟째, 뇌졸중의 재발 병력이 없는 자(뇌혈관 출혈의 병력을 가지고 첫 번째 발병된 자).

아홉째, 심장질환이 없는 자.

2. 연구대상자의 일반적 특성

연구대상자의 신체적 특징은 <표 1>에서 제시하는 바와 같다. 평균연령은 정상군 51.2세, 환자군 52.6세이었고, 평균 신장은 정상군 163.3cm, 환자군 165.7cm이었으며, 평균 체중은 정상군 65.6kg, 환자군 69.3kg으로 두 그룹간의 유의한 차이는 없었다. 연구대상자의 일반적 특성은 성인 남녀 20명을 대상으로 정상군 10명(남: 5, 여: 5), 환자군 10명(남: 5, 여: 5)으로 하였으며, 정상군의 남녀 모두 우성측은 오른쪽이었고, 환자군 편마비의 마비측은 남녀 모두 좌측 편마비였다. 뇌졸중 발생 원인은 뇌출혈 6명, 뇌경색 4명이며, 뇌졸중이후 수술유무는 뇌수술을 받은 환자는 3명, 받지 않은 환자 7명 이었다.

연구대상자중 환자군 모두 본 실험 참여때까지 정상적인 회복을 보여 입원 치료를 하지 않고 통원치료를 받고 있었다. 환자군 10명중 8명(남: 5, 여: 3)이 본 실험에 영향을 미칠수 있는 혈압약을 평소에 복용하고 있으나 환자 대상자가 본 실험에 참여하여 최대한 힘을 주었을 때 뇌혈관 질환이 재발할 우려가 있으므로 도덕적, 윤리적, 안전성 측면을 고려하여 약물 복용을 허용하였다.

표 1. Physical Characteristics of Subjects

Characteristics	Normal group	Patient group
Age(yrs)	51.2±4.6	52.6±4.5
Height(cm)	163.3±6.1	165.7±5.0
Weight(kg)	65.6±8.2	69.3±6.5

Values are given as mean±S.D

3. 실험방법

1) 측정장비

측정장비로는 근력의 힘, 근지구력, 관절 각도 등을 측정할 수 있고, 이 측정치들을 비교 분석할 수 있는 컴퓨터가 내장되어 정확하고 객관적인 평가가 가능한 Cybex NORMTM Testing & Rehabilitation System(Cybex Division of LUMEX, Inc. Ronkonkoma, New York)을 사용하였다. 심박수는 SE-103 BIOSYS CO. LTD를 이용하여 측정하였으며, 대상자 심리적 및 신체적으로 완전히 이완시킨 상태에서 안정시 측정과 운동직후와 1분, 3분 경과후의 심박수를 측정하였다.

2) 실험절차

연구자는 대상자들에게 간단한 시범을 보인 후 모든 대상자들에게 동일한 순서대로 실험을 진행하였다. 본 실험을 돕기 위해 연구의 목적과 실험의 방법과 절차를 잘 이해하고 이에 대해 훈련된 3명의 연구보조원이 참여하여 대상자의 준비 상태 점검 및 측정장비의 정확한 운동축을 맞추도록 하였고 실험중 대상자의 낙상과 같은 만일의 사태에 대비하여 대상자를 보호하게 하였다. 또한 실험 대상자가 환경에 의한 영향을 받지 않도록 하기 위해 조용하고 밝은 공간에서 실험을 실시하였고, 실험에 참여하고 있다는 의식과 편안한 마음으로 혈압 및 심박수를 측정하기 위해서 미리 마련된 편안한 복장으로 갈아입게 하였다.

먼저 연구대상자를 Cybex 검사대에 양와위(supine position)로 눕혀 상체와 골반을 고정된 후, 전박을 회외전(supination)시킨 상태에서 기계의 운동축과 주관절의 운동축이 일치되도록 하였다. 검사전 검사하는 측 상지의 무게가 우력에 미치는 영향을 배제하기 위하여 중력 토크를 측정하여 내장된 컴퓨터에 입력시켰다.

먼저 검사방법의 설명과 함께 주관절 각도 90도에서 등척성 검사를 시험실시하도록 하고, 5분 휴식후 6초간 최대자발수축 하도록 하였으며, 신전근 다음 굴곡근의 순서로 같은 과정을 2회 실시하였다. 검사는 상체의 충분한 고정을 위하여 2명의 연구보조원이 대상자의 견관절 및 체간을 고정시켰고, 정상대조군에서는 우성측을, 환자군에서는 건측을 먼저 실시하였다. 검사자는 정상 대상자에게 선호손을 질의하여 우성과 비우성을 판정하였다(최익성과 이주희 등, 1988). 정상군 대상자에게

다음과 같이 3가지의 질문을 하였다. 첫째, 평소 가위질을 하는 손. 둘째, 평소 공을 던질 때 사용하는 손. 셋째, 평소 칫솔질 할 때 사용하는 손을 질문하여 3가지 질문에 모두 오른손을 사용하는 자를 본 실험의 우성측으로 인정하였다. 위의 3가지 질문중 1가지이상 다른 손을 사용하면 본 연구에서 제외시켰다. 정상대조군에서는 우성측을, 환자군에서는 건측을 먼저 실시하였다.

검사 결과는 등척성 검사시 굴곡근과 신전근 각각의 최대 등척성 우력치와 이에 도달하는 시간 및 굴곡근에 대한 신전근의 근력비(신전근/굴곡근×100)를 측정하였다. Liberson(1984)이 효과를 증명한 프로그램에서 사용한 6초간 수축을 측정한대로 본 실험에서도 실시하였다. 최대우력은 관절가동범위의 전구간에서 볼 수 있는 우력중에서 최대값을 말한다. Cybex를 이용한 운동평가에서 근력을 우력(torque)으로 표시되며 단위는 주로 ft-lbs를 사용하며(Davies GJ, 1984), 임상에서는 우력중에서 가장 수치가 큰 최대우력을 대상근육의 힘으로 삼고 있다.

혈압은 운동전 대상자의 심리적, 신체적으로 완전히 이완시킨상태에서 안정시 혈압은 수은 혈압계를 이용하여 누운 자세에서 우측상완 동맥의 혈압을 청진으로 측정하였다. 수축기 혈압은 커플을 이용하여 상완을 압박한 후 2~3mmHg/sec의 속도로 압력을 내렸을 때 처음 소리가 들리는 시점의 혈압으로 하였으며, 이완기 혈압은 이후 청진되는 소리가 점차 커지다가 갑자기 둔화되는 시점의 혈압으로 하였다(고성경과 황수관, 1991).

4. 자료 분석방법

실험 측정한 결과들은 SPSS/window(version 8.0)를 이용하여 통계처리 하였다. 연구 대상자들의 일반적인 특성과 등척성 운동시 정상군과 환자군의 굴곡근과 신전근 각각의 최대 등척성 우력치와 이에 도달하는 시간 및 굴곡근에 대한 신전근의 근력비(신전근/굴곡근×100)등과 환자군의 건측과 환측에 대해서 독립표본 t-test를 사용하였다.

또한 정상군과 환자군의 실험전, 운동직후, 1분, 3분 경과후의 수축기 혈압과 이완기 혈압의 비교와 심박수의 비교에 대해서도 독립표본 t-test를 사용하였다.

정상군과 환자군 각각의 실험전 혈압과 심박수에 대한 운동직후, 1분, 3분경과후의 수축기 혈압과 심박수 변화에 대해서는 대응표본 t-test를 사용하였다.

Ⅲ. 연구 결과

1. 정상군 우성측과 환자군 건측의 등척성 운동 검사

정상군 우성측과 환자군 건측의 등척성 운동검사에서 정상군 우성측의 신전근의 평균 최대우력치는 20.4ft-lbs, 환자군 건측의 신전근 최대우력치는 19.6ft-lbs이었다. 정상군 우성측의 굴곡근의 평균 최대 우력치는 최대 우력은 25.2ft-lbs, 환자군 건측의 굴곡근 최대 우력

치는 22.6ft-lbs이었다. 최대 우력치에 이르는 시간은 정상군 우성측의 신전근이 0.9초, 환자군 건측의 신전근이 1.1초이었다. 또한, 굴곡근은 정상군 우성측이 1.0초, 환자군 건측이 1.1초이었다. 굴곡근에 대한 신전근의 근력비는 정상군 우성측에서는 81.4%이었고 환자군 건측에서는 87.0%이었다. 정상군 우성측과 환자군 건측을 비교하기 위해서 독립표본 t-test를 실행한 결과 정상군 우성측과 환자군 건측의 굴곡근과 신전근의 최대 우력치와 이에 이르는 시간, 굴곡근에 대한 신전근의 근력비에서는 유의한 차이가 없었다(표 2).

표 2. Comparison of Isometric Test Between Normal Dominant and Patient Uninvolved

	Normal dominant	Patients uninvolved	P-value
Extensor			
Peak torque(ft-lbs)	20.4±4.9	19.6± 4.9	0.718
Time to peak torque(sec)	0.9±0.2	1.1± 0.3	0.084
Flexor			
Peak torque(ft-lbs)	25.2±6.2	22.6± 5.3	0.327
Time to peak torque(sec)	1.0±0.2	1.1± 0.2	0.369
E/F Ratio(%)	81.4±5.7	87.0±12.9	0.221

Values are given as Mean±S.D

E/F Ratio : Ratio of Extensor/Flexor Peak Torque(%)

2. 정상군 비우성측과 환자군 환측의 등척성 운동검사

정상군 비우성측과 환자군 환측의 등척성 운동검사에서 정상군 비우성측의 신전근의 평균 최대우력치는 17.9ft-lbs, 환자군 환측의 신전근 최대우력치는 14.6ft-lbs이었다. 정상군 비우성측의 굴곡근의 평균 최대 우력치는 최대 우력은 23.1ft-lbs, 환자군 환측의 굴곡근 최대 우력치는 12.4ft-lbs이었다. 최대 우력치에 이르는 시간은 정상군 비우성측의 신전근이 1.0초, 환자

군 환측의 신전근이 1.4초이었다. 또한, 굴곡근은 정상군 비우성측이 1.1초, 환자군 환측이 1.3초이었다. 굴곡근에 대한 신전근의 근력비는 정상군 비우성측에서는 78.7%이었고 환자군 환측에서는 121.0%이었다. 정상군 비우성측과 환자군 환측을 비교하기 위해서 독립표본 t-test를 실행한 결과 정상군 비우성측에 비해 환자군 환측의 굴곡근과 신전근의 최대 우력치가 유의하게 낮았으며 굴곡근에 대한 신전근의 근력비에서도 유의한 차이가 있었다(표 3).

표 3. Comparison of Isometric Test Between Normal Dominant and Patient Uninvolved

	Normal nondominant	Patients involved	t-value
Extensor			
Peak torque(ft-lbs)	17.9±3.3	14.6±3.5	2.174*
Time to peak torque(sec)	1.0±0.1	1.4±0.3	-3.100**
Flexor			
Peak torque(ft-lbs)	23.1±5.3	12.4±3.8	5.158**
Time to peak torque(sec)	1.1±0.2	1.3±0.2	-3.016**
E/F Ratio(%)	78.7±9.3	121.0±14.1	-7.934**

*p < .05

**p < .01

3. 정상군 비우성측과 환자군 건측의 등척성 운동검사

정상군 비우성측과 환자군 건측의 등척성 운동검사에서 정상군 비우성측의 신전근의 평균 최대우력치는 17.9ft-lbs, 환자군의 신전근 최대우력치는 19.6ft-lbs이었다. 정상군 비우성측의 굴곡근의 평균 최대 우력치는 최대 우력은 23.1ft-lbs, 환자군의 굴곡근 최대 우력치는 22.6ft-lbs이었다. 최대 우력치에 이르는 시간은

정상군 비우성측의 신전근이 1.0초, 환자군 건측의 신전근이 1.1초이었다. 또한, 굴곡근은 정상군 비우성측이 1.1초, 환자군 건측이 1.1초이었다. 굴곡근에 대한 신전근의 근력비는 정상군 비우성측에서는 78.7%이었고 환자군 건측에서는 87.0%이었다. 정상군 비우성측과 환자군 건측을 비교하기 위해서 독립표본 t-test를 실행한 결과 정상군 비우성측과 환자군 건측의 굴곡근과 신전근의 최대 우력치와 이에 이르는 시간, 굴곡근에 대한 신전근의 근력비에서는 유의한 차이가 없었다(표 4).

표 4. Comparison of Isometric Test Between Normal Nondominant and Patient Uninvolved

	Normal dominant	Patients uninvolved	P-value
Extensor			
Peak torque(ft-lbs)	17.9±3.3	19.6± 4.9	0.374
Time to peaktorque(sec)	1.0±0.1	1.1± 0.3	0.219
Flexor			
Peak torque(ft-lbs)	23.1±5.3	22.6± 5.3	0.835
Time to peak torque(sec)	1.1±0.2	1.1± 0.2	1.000
E/F Ratio(%)	78.7±9.3	87.0±12.9	0.115

4. 환자군의 건측과 환측의 등척성 운동검사

환자군의 건측과 환측의 등척성 운동검사에서 환자군 건측의 신전근이 19.6ft-lbs인데 비하여 환측의 신전근에서는 14.6ft-lbs로 유의하게 낮았으며, 최대 우력치에 이르는 시간도 환측에서도 1.4초로 유의하게 느렸다. 굴

곡근에서도 평균 최대 등척성 우력치는 건측이 22.6ft-lbs인데 비하여 환측에서는 12.4ft-lbs로 유의하게 낮았으며, 이에 이르는 시간도 환측에서 1.3초로 유의하게 느렸다. 그리고 굴곡근에 대한 신전근의 근력비는 건측이 87.0%, 환측이 121.0%로 유의한 차이가 있었다(표 5).

표 5. Comparison of Isometric Test Between Uninvolved and Involved in Patients Group

Patients Group	Uninvolved	Involved	t-value
Extensor			
Peak torque(ft-lbs)	19.6± 4.9	14.6± 3.5	2.624*
Time to peak torque(sec)	1.1± 0.3	1.4± 0.3	-2.185*
Flexor			
Peak torque(ft-lbs)	22.6± 5.3	12.4± 3.8	4.959**
Time to peak torque(sec)	1.1± 0.2	1.3± 0.2	-2.595*
E/F Ratio(%)	87.0±12.9	121.0±14.1	-5.637**

5. 정상군과 환자군의 수축기 혈압비교

정상군과 환자군의 운동전, 운동직후, 1분, 3분경과후의 수축기 혈압 비교를 알아보기 위하여 독립표본 t-test

를 실행하여 알아보았다. 정상군과 환자군의 수축기 혈압, 정상군 안정시 혈압은 122.4mmHg, 환자군의 혈압은 131.8mmHg이었다. 정상군의 운동직후 혈압은 143.7mmHg, 환자군의 혈압은 156.6mmHg이었고,

운동직후의 증가율은 정상군 17.5%, 환자군 19.0%로 혈압의 증가를 보였으나 두 그룹간의 유의성은 없었다 ($P > .05$).

운동직후로부터 1분 경과후의 정상군 혈압은 129.4mmHg, 환자군의 혈압은 139.2mmHg 이었고,

1분 경과후의 증가율은 정상군 5.9%, 환자군의 혈압은 5.7%의 혈압 증가를 보였으나 두 그룹간의 유의성은 없었다 ($P > .05$). 3분 경과후의 정상군 혈압은 124.5mmHg, 환자군 132.8mmHg 이었다. 두 그룹 모두 3분 경과후에는 안정시의 혈압으로 회복되었다(표 6).

표 6. Comparison of Systolic Blood Pressure Before and After Testing Between Normal and Patients Group

	Pretest	Immediate	1Minute	3Minute
Normal	122.4±9.8	143.7±11.5 (17.5±5.2)	129.4±9.0 (5.9±5.6)	124.5±9.6 (1.8±4.5)
Patients	131.8±6.6	156.6±8.4 (19.0±5.0)	139.2±7.1 (5.7±3.8)	132.8±7.1 (0.8±2.2)
P-value		0.516	0.903	0.519

Parentheses are Means and S.D of increment ratio(%)

6. 정상군과 환자군의 이완기 혈압비교

정상군과 환자군의 운동전, 운동직후, 1분, 3분경과후의 이완기 혈압 비교를 알아보기 위하여 독립표본 t-test를 실행하여 알아보았다. 정상군과 환자군의 이완기 혈압, 정상군 안정시 혈압은 82.4mmHg, 환자군의 혈압은 90.4mmHg이었다. 정상군 운동직후 혈압은 97.4mmHg, 환자군의 혈압은 113.2mmHg 이었고, 운동직후의 증가율은 정상군 16.8%, 환자군 25.2%로 혈

압의 증가를 보였으나 두 그룹간의 유의성은 없었다($P > .05$).

운동직후로부터 1분 경과후의 정상군 혈압은 85.8mmHg, 환자군의 혈압은 96.7mmHg 이었고, 1분 경과후의 증가율은 정상군 4.6%, 환자군 7.1%로 혈압의 증가를 보였으나 유의성은 없었다($P > .05$). 3분 경과후의 정상군 혈압은 83.5mmHg, 환자군 93.2mmHg 이었다. 두 그룹 모두 3분 경과후에는 안정시의 혈압으로 회복되었다(표 7).

표 7. Comparison of Diastolic Blood Pressure Before and After Testing Between Normal and Patients Group

	Pretest	Immediate	1Minute	3Minute
Normal	82.4±7.4	97.4±10.7 (16.8±14.1)	85.8±5.6 (4.6±8.2)	83.5±5.4 (1.8±8.1)
Patients	90.4±7.8	113.2±11.7 (25.2±8.4)	96.7±7.2 (7.1±4.4)	93.2±7.8 (3.2±3.1)
P-value		0.121	0.411	0.626

7. 정상군과 환자군의 심박수 비교

정상군과 환자군의 운동전, 운동직후, 1분, 3분경과후의 심박수 비교를 알아보기 위하여 독립표본 t-test를 실행하여 알아보았다. 정상군과 환자군의 심박수, 정상군 안정시 심박수는 분당 67.1회, 환자군의 심박수는 분당 64.9회이었다. 정상군 운동직후 심박수는 분당 91.1회, 환자군의 심박수는 분당 90.4회이었고, 운동직후의 증가율은 정상군 36.2%, 환자군 36.0%로 증가를 보였

으나 두 그룹간의 유의성은 없었다($P > .05$). 운동직후로부터 1분 경과후의 정상군 심박수는 분당 72.8회, 환자군의 심박수는 69.6회이었고, 1분 경과후의 증가율은 정상군 8.5%, 환자군 7.2%의 증가를 보였으나 두 그룹간의 유의성은 없었다($P > .05$).

3분 경과후의 정상군 심박수는 68.2회, 환자군 66.4회였다. 두 그룹은 3분 경과후에는 안정시의 심박수를 회복하였다(표 8).

표 8. Comparison of Heart Rate Before and After Testing Between Normal and Patients Group

	Pretest	Immediate	1Minute	3Minute
Normal	67.1±5.0	91.1±6.4 (36.2±11.7)	72.8±6.7 (8.5±5.7)	68.2±4.3 (1.9±5.8)
Patients	64.9±2.8	90.4±5.2 (36.0±14.9)	69.6±3.9 (7.2±3.9)	66.4±2.9 (2.3±2.7)
P-value		0.966	0.573	0.814

8. 정상군과 환자군 각각의 운동전 혈압에 대한 운동 직후, 1분, 3분경과후 수축기 혈압비교

정상군과 환자군 각각의 운동전 혈압에 대한 운동 직후, 1분, 3분경과후의 수축기 혈압의 변화를 알아보기

위하여 대응표본 t-test를 실행하여 알아보았다. 정상군과 환자군에서 운동직후, 1분경과후 수축기혈압을 비교한 결과 유의한 차이가 있었으나(P< .05), 3분경과후 혈압과는 유의한 차이가 없었다(P>.05)(표 9)과(표10).

표 9. Comparison of Systolic Blood Pressure Before and After Testing in Normal Group

Normal Group	Immediate	1Minute	3Minute
Mean±SD	143.7±11.5	129.4±9.0	124.5±9.6
t-value	-10.893**	-3.389**	-1.197

표 10. Comparison of Systolic Blood Pressure Before and After Testing in Patients Group

Patients Group	Immediate	1Minute	3Minute
Mean±SD	156.6±8.4	139.2±7.1	132.8±7.1
t-value	-12.750**	-4.772**	-1.103

9. 정상군과 환자군 각각의 운동전 심박수에 대한 운동 직후, 1분, 3분경과후 심박수 비교

정상군과 환자군 각각의 운동전 심박수에 대한 운동 직후, 1분, 3분경과후 심박수 변화를 알아보기 위하여 대

응표본 t-test를 실행하였다.

정상군과 환자군 각각에서 운동직후, 1분경과후 심박수를 비교한 결과 유의한 차이가 있었으나(P< .05), 3분경과후 심박수와는 유의한 차이가 없었다(P>.05)(표 11)과(표 12).

표 11. Comparison of Heart Rate Before and After Testing in Normal Group

Normal Group	Immediate	1Minute	3Minute
Mean±SD	91.1±6.4	72.8±6.7	68.2±4.3
t-value	-11.190**	-4.741**	-0.919

표 12. Comparison of Heart Rate Before and After Testing in Patients Group

Patients Group	Immediate	1Minute	3Minute
Mean±SD	90.4±5.2	69.6±3.9	66.4±2.9
t-value	-14.292**	-5.752**	-2.666

IV. 고 찰

주관절은 척골과 상완골에 의해 이루어진 안정된 관절로서, 주관절을 굴곡시키는 근육으로는 상완 이두근, 상완요골근등이 있으며 신전근으로는 상완삼두근이 있고 굴곡과 신전운동이 일어난다. 주관절의 굴곡 운동은 상완이두근(Biceps Brachil), 상완근(Brachialis), 완요근(Brachioradialis)의 수축에 의해 일어나는데 이때 상완이두근이 주로 작용하여 굴곡근의 근력중 57%를 차지하며, 완요근 및 상완근은 각각 27%, 20%를 차지하는데, 느린 속도의 굴곡 운동시는 상완이두근과 상완근이 주로 작용하며, 빠른 속도의 굴곡 운동시는 완요근이 주로 작용한다고 했다(Ikegawa 등, 1985). 상완이두근은 단두(shot head)와 장두, 상완근으로 구성되어 있는데 상완이두근의 근위단은 흔히 건초염이 유발되며 상완이두근 구에서는 상완이두근 장두가 탈구되는 경우가 많다. 상완근은 순수한 주관절 굴곡근으로써 주관절 굴곡시 상완이두근과의 근력비가 4.58: 3.84인 것으로 알려졌다(김용주 등, 1995).

상완 요골근 주관절에 관여하며 전완이 회내선 위치에 있을 때는 회외선 운동에 회외선 위치에서는 회내선 운동에 작용한다. 상완 삼두근은 주관절을 신전 시키는 것이며 견관절 신전 및 내전을 돕고 관절낭을 긴장시킨다. 이근육이 마비되면 주관절 굴곡 상태에서 기형이 초래되며 장두는 견관절과 주관절을 가로지르는 두 관절근이다. 견관절 신전 및 외전에는 주로 이 장두가 작용하며 주관절 신전은 내측두의 근섬유가 가장 강하게 작용한다고 했다(노민희 등, 1994). 등척성운동 운동을 일으키는 힘과 운동에 저항하는 힘이 균등하여 기시점과 부착점과의 거리에 변화가 생기지 않을 뿐만 아니라, 관절의 움직임이 없는 운동으로 최대 장력이 가까운 장력을 낼 수 있다고 했다(오정희, 1985). 등척성 운동을 통한 근력 강화에 충분한 효과를 거두려면, 근육 섬유에 피로를 유발시킬 정도의 강한 힘과 모든 근육 섬유가 동원될 수 있을 정도의 충분한 시간동안 수축하는 것이 중요하다고 했다(Delisa JA, 1988). 등척성 운동시 수축 시간에 대해서 Murray 등(1980)은 슬관절 굴곡근 및 신전근에 5초간 최대 등척성 수축을 시행하여, 교연령층에서 저연령층에 비하여 최대 등척성 우력치에 이르는 시간이 지연되는 경우가 유의하게 많았다고 보고했다.

Liberson(1984)은 6초간 수축하는 프로그램을 통해 등척성 운동의 효과를 증명하였다. 이전의 연구자들이

서로 다른 등척성 수축시간 및 기간에 대한 운동을 보고 하였으며, 본 연구에서는 환자가 전체 수축시간 동안 도주에 포기하지 않고, 자발적으로 최대 수축을 지속할 수 있을 만큼 너무 길지 않으면서, 운동 효과를 나타낼 수 있는 시간으로 6초가 적당할 것으로 사료된다. Askeew 등(1987)은 정상인의 우성측과 비우성측의 최대 등척성 우력치는 유의한 차이가 없었다고 했다. 본 연구에서도 정상인의 우성측과 환자군의 견측에서 유의한 차이가 없었지만, 정상군 우성측의 굴곡근이 25.2ft-lbs, 신전근이 20.4ft-lbs이며 환자군 견측의 굴곡근이 22.6ft-lbs, 신전근이 19.6ft-lbs로 신전근보다 굴곡근에서 최대 우력치가 높았다. 환자군 신전근의 최대 우력치와 최대 우력치에 이르는 시간이 정상인 우성측과 견측에 비하여 유의하게 낮았으며, 굴곡근에서도 최대 우력치와 이에 이르는 시간이 유의하게 낮았다. 굴곡근에 대한 신전근의 근력비도 유의한 차이를 보였다. 환자군에서는 견측에 비하여 환측의 근력이 모두 유의하게 감소하였다.

뇌졸중환자의 근력비에 대하여 Bohannon과 Smith(1987)는 유의한 변화가 없었다고 하였으나, Watkins 등(1884)은 슬관절에 대한 등속성 운동검사를 시행하여 환측에서 굴곡근에 대한 신전근의 근력비가 증가하였다고 보고했고, Colebatch 등(1986)도 편마비환자의 주관절에 등척성 운동검사를 시행하여 굴곡근에 대한 신전근의 근력비가 증가하였다고 했다. 이러한 근력비의 증가는 편마비 상지의 지속적인 굴곡상태로 인하여 안정시 굴곡근의 길이단축에 따라 길이-장력(length-tension relation)에서의 변화가 일어나기 때문이고, 주관절 신전근과 굴곡근의 협동수축(co-contraction)이나 굴곡근의 협조운동 양상(flexor synergy pattern)이 굴곡근에서 과도한 신전반응(stretch reflex)을 유발하여 굴곡근의 근력약화 현상을 초래한 것으로 생각된다.

Kasser와 Cheney(1985)는 원숭이의 주관절 굴곡근에 분포하는 대뇌-척수신경 섬유수의 수가 신전근보다 많고 상부운동신경의 병변시 굴곡근측 신경섬유에서 더욱 큰 영향을 받아 이러한 결과를 초래한 것이라고 했다. 상지를 보통 굴곡자세로 취하는 굴곡근 협조작용 양상은 굴곡근의 근력이 더 우세하기 때문이 아니라 목-미로 반사(neck-labyrinthine reflex)에 의한 것이라고 했다(Colebatch 등, 1986; Deutsch 등, 1987). 신지철 등(1994)은 굴곡근에 대한 신전근의 근력비는 등척성 검사 및 등속성 검사에서 성별이나 우성 또는 비우성에 관계없이 일정하였으므로, 근력의 평가시 이 근력비의 측

정이 매우 중요하며, 등속성 기구를 사용하여 우력과 근력비 등을 측정함으로써 평소 부위의 객관적 평가와 운동치료의 방향을 제시할 수 있다고 했다.

등척성 운동은 손상 이후 관절운동시 통증이 있거나 관절 운동이 바랍직하지 않을때에 근력증가를 발달시키기 위해 이용되어왔다. 등척성 운동시간 동안 관절 움직임이 일어나지 않기 때문에 근력 운동이 수행되는 관절 각도에서만 증가할 것이다. 관절 가동범위 전반에 걸쳐 근력을 증가시키기 위한 다양한 관절위치에서 정적인 근수축에 저항을 적용해야 한다. 정상근과 환자근의 수축기 혈압, 이완기 혈압, 심박수 모두 운동직후에 유의한 증가율을 보였다. 이러한 즉각적인 반응 속도를 볼 때, 신경인성 기전에 의한 것일 가능성이 가장 높으며, 이를 크게 중추성과 말초성 두가지로 나누어 설명하고 있다.

Goodwin 등(1972)은 주관절을 등척성 수축으로 굴곡하는 동안, 즉 이두박근이 작용하는 동안 같은 근육에 진동 자극을 주었을 때, 이두박근내의 제1차 구심성 신경이 자극되어 흥분시키는 반사 작용으로 주어진 등척성 운동을 유지하는데 필요한 중추운동명령의 강도가 감소하고 주관절을 등척성 수축으로 신전하는 동안, 즉 삼두박근이 작용하는 동안 이두박근에 진동 자극을 준 경우에는 구심성 신경의 자극이 길항근인 삼두박근에 대해서는 억제 작용을 유발시켜 계속적인 주관절의 신전을 위해서는 더 강한 중추운동명령을 필요로 하게 되는데, 그 결과 후자의 경우에 혈압과 심박수의 증가가 더 크다고 했다. 그러므로 중추성 기전에서는 대뇌운동피질에서부터의 신경충돌이 연수의 심혈관중추(medullary cardiovascular center)로 전달되어 심혈관계에 이러한 작용이 나타난다는 것이며 여기에는 의식적인 노력이 중요한 역할을 한다고 했다.

말초성 기전에서는 Alam과 Smirk(1937)은 사람에게서 운동을 시킨 근육의 혈액 순환을 물리적인 방법으로 막아 허혈 상태를 유발시킨 후 혈액 순환을 회복하기 전까지는 혈압과 심박수가 증가된 상태로 그대로 남아 있는 것으로 보아 근육 수축으로 생성된 물질이 허혈 상태로 인해 미처 제거되지 못하고 축적되어 근육내의 수용체를 자극하여 혈압과 심박수를 증가시킨다고 설명했다. 혈압에 영향을 미치는 인자로 심박출량과 말초 저항을 들수 있는데, Donald 등(1967)은 등척성 운동시 말초 저항에는 거의 변화가 없거나 오히려 감소된다고 했고, 이때의 혈압상승은 주로 심박출량의 증가에 따른 것으로 보이며, 심박출량의 증가는 심박수의 증가에 기인한 것

으로 생각된다.

Scharf 등(1994)은 20대의 남자 21명을 대상으로 슬관절에 대하여 60°/sec에서 점차 30°/sec씩 증가시키면서 등심성 등속 운동을 할 때 심박수 증가율이 평균 약 92%이었으므로 심혈관계 장애 환자에서 이 운동의 위험성이 있을수 있다고 했다.

운동이 최대로 수행될때는 혈압상승 반응에 기인한 심혈관계의 과도한 스트레스(즉, 심박률 증가와 평균 동맥압의 증가)가 일어날 수 있다. 그러므로 고혈압 환자 및 심혈관질환 병력을 가진 사람이나 노인에게는 주의가 요구되어진다. 등척성 운동이 저항에 대항해서 수행될 때에는 등척성 운동은 혈압을 빠르게 증가시키는 Valsalva 현상의 결과처럼 혈압증진 반응과 관련되어 있다. 반응의 크기는 환자 나이와 병력에 따라 다양하다. 등척성 운동시간 동안 혈압증진 반응을 최소화시켜야 한다. 특히 상당한 저항에 대항해 등척성 운동을 수행하는 것은 심혈관질환이나 뇌혈관 사고의 병력을 가진 사람에게 있어서는 좋지 않을 수도 있다.

Douris(1991)은 21세에서 40세까지 남자 10명을 대상으로 슬관절에 대하여 1분간 최대로 등심성 등속 운동을 할 때 심박수의 증가율이 저속에서 약 72.5%~92%로 높기 때문에 운동을 할 경우 심박수의 감시가 필요하다고 보고한 반면, Horstmann 등(1994)은 20대 19명의 남자를 대상으로 1분간 슬관절 굴곡 및 신전의 최대 자발 수축으로 운동을 할 때 특별한 심혈관계에 주의는 요하지 않는다고 보고했다. Lind과 McNicol(1967)은 정상 성인에서 상지의 파악(hand grip) 및 고관절 굴곡근에서 20%의 최대 자발 수축으로 5분간, 30%의 최대 자발 수축으로 3분간, 50%의 자발 수축으로 1분간 등척성 운동을 시행한 후 2분 이내에 증가되었던 혈압과 심박수가 안정시의 상태로 감소되었다고 했다.

본 연구에서는 정상근과 환자근의 주관절 90도에서 6초간 등척성 운동을 실시한후, 1분 경과후에는 정상근 수축기 혈압 5.9%, 환자근 수축기 혈압 5.7%, 정상근 이완기 혈압 4.6%, 환자근 이완기 혈압 7.1%, 정상근 심박수 8.5%, 환자근 심박수 7.2%로 안정시의 혈압 및 심박수로 거의 떨어졌고, 3분후에는 안정시 상태로 회복하였다. 이상의 경과로 보아 환자근 환측에서의 굴곡근에 대한 신전근의 근력비가 정상인의 비우성측과 환자근 건측의 굴곡근에 대한 신전근의 근력비에 현저히 높으므로, 편마비 환자의 주관절 등척성 운동시 신전근보다 굴곡근의 근력 강화가 필요하며, 근력 강화 및 물리치료의

목적으로 등척성 운동을 시행할 경우 운동간의 시간 간격을 2~3분으로 하면 혈압과 심박수에 미치는 영향을 배제할수 있다.

본 연구는 김천OO병원에서 물리치료를 받고 있는 환자 중 본 연구의 선정조건을 충족하는 일부의 환자만을 대상으로 연구를 시행하였기 때문에 모든 편마비 환자에 대해 일반화하여 해석하는데는 제한점이 있다. 더구나, 편마비 환자의 주관절 등척성 운동시 혈압과 심박수에 영향을 미칠수 있는 약물 복용을 도덕적, 윤리적, 안정성의 이유로 허용되었기에 더욱 그러하다. 앞으로의 연구는 본 연구의 결과에서 나타난 자료를 근거로 환자군에게 장기간 등척성 운동을 실시하여 그 효과를 알아보는 연구가 필요하며, 거기에 따른 일상생활의 변화도 알아볼 필요가 있다고 사료된다.

V. 결 론

본 연구는 40세이상 정상인 10명과 편마비 환자 10명을 대상으로 관절 각도 90도에서 주관절의 굴곡근 및 신전근에 대한 등척성 운동을 6초간 시행하여 최대 등척성 우력치 및 이르는 시간, 혈압과 심박수를 측정하여 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 정상군 비우성측과 환자군 환측의 등척성 운동검사를 비교한 결과, 굴곡근과 신전근의 최대우력치와 이에 이르는 시간, 굴곡근에 대한 신전근의 근력비는 통계학적으로 유의한 차이가 있었다($P < .05$).
2. 편마비 환자군의 건측과 환측의 등척성 운동검사를 비교한 결과, 굴곡근과 신전근의 최대우력치와 이에 이르는 시간, 굴곡근에 대한 신전근의 근력비는 통계학적으로 유의한 차이가 있었다($P < .05$).
3. 정상군과 환자군의 수축기 혈압을 비교한 결과, 정상군과 환자군 두 그룹간의 운동직후, 1분, 3분경과후 수축기혈압 증가율은 통계학적으로 유의성은 없었으나 ($P > .05$), 정상군과 환자군의 운동직후, 1분 경과후의 수축기 혈압은 증가하였다.
4. 정상군과 환자군의 이완기 혈압을 비교한 결과, 정상군과 환자군 두 그룹간의 운동직후, 1분, 3분경과후 이완기혈압 증가율은 통계학적으로 유의성은 없었으나 ($P > .05$), 정상군과 환자군의 운동직후, 1분 경과후의 이완기 혈압은 증가하였다.
5. 정상군과 환자군의 심박수 비교한 결과, 정상군과

환자군 두 그룹의 운동직후, 1분, 3분경과후 심박수 증가율은 통계학적으로 유의성은 없었으나($P > .05$), 정상군과 환자군의 운동직후, 1분 경과후의 심박수는 증가하였다.

6. 정상군과 환자군 각각의 운동전에 대한 운동직후, 1분, 3분경과후 수축기 혈압 비교를 한 결과, 정상군과 환자군 모두 운동직후, 1분 경과 후에서 통계학적으로 유의한 증가를 보였으나($P < .05$), 두 그룹 모두 3분 경과후에는 안정시의 혈압으로 회복하였다.

7. 정상군과 환자군 각각의 운동전에 대한 운동직후, 1분, 3분경과후 심박수를 비교한 결과, 정상군과 환자군 모두 운동직후, 1분 경과후에서 통계학적으로 유의한 증가를 보였으나($P < .05$), 두 그룹 모두 3분 경과후에는 안정시의 심박수로 회복하였다.

〈 참고 문 헌 〉

- 강세운, 박주현, 황지혜 : 주관절 신근 및 굴근의 등속성 근력 평가, 대한재활의학회지, 15, 34-39, 1991.
- 고성경, 황수관 : 비행시간에 따른 진투조종사의 체지방, 혈압 및 심전도 시간간격의 변화, 공산논문집 30 : 231, 1991.
- 김기진 : 점증적 운동시 심박수 변화를 이용한 무산소성 역치의 결정방법, 35, 349-357, 1996.
- 김용주, 김용철, 민경옥 : 임상 운동학, 서울: 현문사, 249-273, 369-406, 407-440, 1995.
- 김정진 : 생리학, 서울: 도서출판 고문사, 85-121, 1993.
- 노민희, 용준환, 이용덕 : 인체 해부학, 서울: 정담, 192-217, 1994
- 배성수 외 15인 : 운동치료 총론, 서울: 도서출판 영문출판사, 65-127, 1997.
- 박홍식, 이강목 : 등척성 수축에 의한 피로와 근육의 전기적 신호변화, 대한재활의학회지, 15, 212-219, 1991.
- 신길수 : 야구와 핸드볼 선수의 등속성 상지근력 비교 연구, 한국체육학회지, 36, 264-271, 1997.
- 신지철, 윤태식, 전세일, 김민영, 임길병 : 정상인과 편마비환자에서 주관절 굴근과 신근의 근력양상, 대한재활의학회지, 18, 20-27, 1994.
- 오정희 : 재활의학, 대학서림, 1985.

- 최익성, 이주희, 박혜연, 신정민 : Jebsen 손기능검사에 의한 오른손잡이와 왼손잡이의 양손 기능 비교. 대구대학교 재활과학대학 물리치료학과 학회지, 31-44, 1998.
- Alam M, Smirk FH : Observation in man upon a bloodpressure reflex arising from the voluntary muscles, *J Physiol* 89, 372-383, 1937.
- Alexander J, Molnar GE : Muscular strength in children : Preliminary report on objects standards. *Arch Phys Med Rehabil* 54, 424-427, 1973.
- Askew LJ, An KN, Morrey BF, Chao EYS : Isometric elbow strength in normal individuals. *Clin Orthop* 222, 261-266, 1987.
- Basmajian JV, G.wland CA, Finlyson MAJ Hall AL, Swanson LR, Stratford PW, Trotter JE, Brandstater ME : Stroke treatment : comparison of integrated behavioral-physical therapy vs traditional physical therapy programs. *Arch Phys med Rehabil* 68, 267-272, 1987.
- Bohannon RW, Smith MB : Assessment of strength deficits in eight paretic upper extremity muscle groups of stroke patients with hemiplegia. *Phys Ther* 67, 522-525, 1987.
- Bohannon RW, Warren ME, Cogman KA : motor variables correlated with the hand-to-mouth maneuver in stroke patients. *Arch phys Med Rehabil* 72, 682-684, 1991.
- Bourbonnais D, Noven SV : Weakness in patients with hemiparesis. *Am J Occup Ther* 43, 313-319, 1989.
- Colebatch JG, Gandevia SC, Spira PJ : Voluntary muscle strength in hemiparesis. distribution of weakness at the elbow. *J Neurol Neurosurg Psychiat* 49, 1019-1024, 1986.
- Deutsch H, Kilani H, Moustafa E, Hamilton N, Hebert JP : Effect of head-neck position on elbow flexor muscle torque production. *Phys Ther* 67, 517-521, 1987.
- Davies GJ : *Compendium of isokinetics in clinical usage*. S and Publishers, La Cresse, WI. 1984.
- Dibrezzo R, GENCH BE, Hinson MM, King J : Peak torque values of the knee extensor and flexor muscles of females. *J orthop Sports Phys Ther* 7, 65-68, 1985.
- Delisa JA : *Rehabilitation medicine: Principles and practice*. Philadelphia, JB, Lippincott Co, pp 335-363, 1988.
- Dickstein R, Hoeherman S, Pillar T, Shaham R : Stroke rehabilitation: three exercise therapy approaches. *Phys Ther* 66, 1233-1238, 1986.
- Donald KW, Lind AR, McNichol GW, Humphreys PW, Taylor SH, Staunton HP : Cardiovascular response to sustained(static) contractions. *Circ Res* XX & XXI(Suppl) 1, 15-32, 1967.
- Douris PC : Cardiovascular responses to velocity specific isokinetic exercise. *J Orthop Sports Phys Ther*, 13, 28-32, 1991.
- EI-Abd MAR, Ibrahim IK, Dietz V : Impaired activation pattern in antagonistic elbow muscles of patients with spastic hemiparesis contribution to movement disorder. *Electromyogr Clin Neurophysiol* 33, 247-255, 1993.
- Goodwin GM, McCloskey, Mitchell JH : Cardiovascular and respiratory response to changes in central command during isometric exercise at constant muscle tension. *J Physiol* 226, 173-196, 1972.
- Gowland C : Recovery of motor function following stroke: profile and predictors. *Physiother Can* 34, 77-84, 1982.
- Horstmann T, Mayer F, Maschmann J, Rocker K, Dickhth HH : The cardiocirculatory reaction to isokinetic exercise in dependence on the form of exercise and age. *Int J Sport Med* 15(suppl), S50-S55, 1994.
- Ikegawa S, Tsunoda N, Yata H, Fukunaga T, & Asami T : The effect of joint angle on cross-sectional area and muscle strength of human

- elbow flexor, International series of Biomechanics 9A, 39-43, 1985.
- Kasser RJ, Cheney PD : Characteristics of cortico moto neuronal postspike facilitation and reciprocal suppression of EMG activity in the monkey, *J Neurophysiol* 53, 959-978, 1985.
- Keenan MAE, Haider TT, Stone LR : Dynamic electromyography to assess elbow spasticity, *J Hand Surg* 15A, 607-614, 1990.
- Larsson L, Sjodin B, Karlsson J : Histochemical and biochemical changes in human skeletal muscle with age in sedentary males, age 22-65 years, *Acta Physiol Scand* 103, 31-39, 1978.
- Liberson WT : Brief isometric exercise. In Basmajian JV. ed. *Therapeutic exercise*, 4th ed. Baltimore, Williams & Wilkins, pp 236-256, 1984.
- Lind AR, McNicol GW : Circulatory response to sustained hand-grip contractions performed during other exercise, both rhythmic and static, *J Physiol* 192, 595-607, 1967.
- Lord JP, Hall K : Neuromuscular reeducation versus traditional programs for stroke rehabilitation, *Arch Phys Med Rehabil* 67, b 88-91, 1986.
- McDonagh MJ, Davies CT : Adaptive response of mammalian skeletal muscle to exercise with high loads, *Eur J Appl Physiol* 52, 139-155, 1984.
- Miller G.J.T, Light K.E : Strength training in spastic hemiparesis: should it be avoided?, *NeuroRehabilitation* 9, 17-28, 1997.
- Mitchell JH, Wildenthal K : Static(isometric) exercise and the heart : Physiological and clinical considerations, *Ann Rev Med* 25, 369-381, 1974.
- Murray MP, Baldwin JM, Gardner GM, Sepic SB, Downs : Maximum isometric knee flexor and extensor muscle contractions: Normal patterns of torque versus time, *Phys Ther* 57, 637-643, 1997.
- Murray MP, Gardner GM, Mollinger LA, Sepic SB : Strength of isometric and isokinetic contractions : Knee muscles of men aged 20 to 86, *Phys Ther* 60, 412-419, 1980.
- Sahrmann SA, Norton BJ, Bomze HA, Eliasson SG : Influence of the site of the lesion and muscle length on spasticity in man, *Phys Ther* 54, 1290-96, 1974.
- Schantz P, Randall-Fox E, Hutchison W, Thden A, Astrand PO : Muscle fiber type distribution, muscle cross-sectional area and maximal voluntary strength in humans, *Acta Physiol Scand* 117, 219-226, 1983.
- Scharf HP, Eckhaedt R, Maurus M, Puhl W : Metabolic and hemodynamic changes during isokinetic muscle training: controlled clinical trial, *Int J Sports Med*, 15, 556-559, 1994.
- Silva E, Oliveira L, Catai AM, Ferreira Filho P : Evaluation of electromyographic activity and heart rate responses to isometric exercise, *Braz J Med Biol Res*, Jan, 32, 1, 115-20, 1999.
- Spaulding SJ, Strachota E, McPherson JJ, Kuphal M, Ramponi M : Wrist muscle tone and self-care skill in person with hemiparesis, *Am Occup Ther* 43, 11-16, 1989.
- Watkins MP, Harris BA, Kozlowski BA : Isokinetic testing in patients with hemiparesis: a pilot study, *Phys Ther* 64, 184-189, 1984.
- Watson AWS, O' Donovan DJ : Factors relating to the strength of male adolescents, *Jappl Physiol* 43, 834-838, 1977.