

전기 자극과 치료적 운동에 의한 슬관절 신전근의 근력 증가 효과

대구대학교 물리치료학과
박 래 준
동아대학병원 물리치료실
강 화 순

The Effect of Electrical Stimulation and Therapeutic Exercise on Muscular Strength in Knee Extensor Muscles.

Park, Rae-Joon, Ph.D., P.T.

Dept. of Physical Therapy, Taegu University

Kang, Hwa-Soon, M.S., P.T.

Dept. of Physical Therapy, Tonga University Hospital

〈Abstract〉

This study was carried out to investigate the muscle strength of quadriceps muscles by means of isokinetic test. The experimental objects were divided into electrically stimulated, isotonic and isometric groups and trained for 4 weeks.

The results were as follows :

1. The values of total work, peak torque, average power and the ratio of peak torque between flexors and extensors revealed significant statistically in three experimental groups($P < 0.05$).
2. The endurance was increased slightly in electrically stimulated group, but decreased in isotonic and isometric groups.
3. The value of post training on all items did not reveal significant statistically in three experimental groups($p > 0.05$).
4. The electrically stimulated groups effected on increasing of muscle strength as isotonic and isometric exercises.

I. 서론

근력(Muscle strength)은 근조직 및 신경의 병변 이외에 관절부 병변이나 연령의 증가시 점차 감소하게 된다. 또한 근육을 오랫동안 사용하지 않으면 약해지는 반면 저항을 주고 운동을 하면 증가하게 된다. 그러므로 오랫동안 고정되어지면 근력은 약화되고 외관상으로도 근 위축이 나타나게 된다(문정림·강세운, 1989).

근력은 근 수축에 의하여 일어나는데, 근 수축의 종류에 따라 등척성 운동, 등장성 운동, 등속성 운동으로 나눌 수 있다.

등척성운동은 관절의 움직임이 없이 근육이 수축을 함으로서 최대 장력에 가까운 장력은 낼 수 있으나, 운동시 취한 관절의 각도 주위에서만 근력의 증가를 나타낸다(Knapik, Wright, Hawsley & Braun, 1983). 등장성운동은 일정한 무게를 관절의 전 가동범위에 걸쳐 움직이기 위해서는 가동범위중 가장 근력이 약한 부분에서의 부하를 선택하여 운동을 실시하여야 하므로 근력이 가장 약한 부분에서는 최대 수축을 하지만 그 관절 각도에서는 최대 수축을 발휘하지 못한다. 엄밀히 말하면 인체운동에서 진정한 등장성 수축은 있을 수 없으며 등장성운동이라 하면 일반적으로 구심성 수축 운동을 말한다(이재학, 1987, P.10).

등속성운동은 전관절 가동 범위에서 최대의 수축을 발휘할 수 있는 운동으로서, 수축의 속도를 일정하게 정한 후 저항은 가동 범위에서 각 위치에서 나타나는 수축력에 맞추어 운동할 수 있게 한 전기역학적 장치를 이용한 운동이다(Hislop & Perrine, 1967; Moffroid, Whipple, Hofkosh, Lowman & Thistle, 1969).

deLateur, Lehmann과 Warren 등(1972)은 등장성운동과 등속성운동을 비교한 연구에서 근력증가 효과는 마찬가지로 보였으며 등장성운동과 등척성운동의 우열에 관해서는 많은 연구가 이루어지고 있는데 Hettlinger와 Muller(1953)에 의하면 최대 근력 2/3의 수축력이 작용하면 등척성 운동에서의 등장성 운동에서의 근력은 증대된다고 한다.

고정된 근육과 마비된 근육의 근력을 증가시키거나 위축의 방지를 위해서는 일반적으로 등척성 운동과 전기자극이 많이 이용되어져 왔는데, Kots(1977)는 근력을 강화할 목적으로 중주파 전류(Medium-frequency current)를 사용하여 러시아 운동선수들을 훈련시켜서 수의적 운

동보다 30-40% 더 크게 증가한다는 것을 처음으로 주장하였다.

Massey, Nelson과 Sharkey 그리고 Comden(1965)은 전기자극이 종래의 등척성운동과 등장성운동과 같은 운동방법보다 근력을 증가시키기에 효과적이지 않다고 보고하였다. 다른 연구에서는 전기자극을 통한 근 수축은 전통적으로 시행되어진 능동적 등척성운동에서 얻어진 근 수축과 비교될 만큼 최대의 등척성 수축이 일어나 근력이 증가되는 긍정적인 효과를 입증하였다(Johnson, Thurston & Ashcroft, 1977).

근력의 평가는 도수근력검사와 Ergometry, Integrated EMG, Isokinetic test 등 여러가지 방법에 의하여 시행되고 있는데, 이 중에서 등속성운동 검사는 다른 검사법에 비하여 객관성과 정확도가 높기 때문에 구미 각 국에서는 이미 운동선수의 선발과 관리에 이용되고 있을 뿐만 아니라 환자의 재활 평가에 등속성운동 검사가 시행되고 있으며, 국내에서도 최근 많이 사용되어지고 있다(강세운, 1986; 김진호·김상범, 1987; 문정림·강세운, 1989; 윤승환, 1990).

이에 본 연구는 비교적 객관성과 정확도가 높은 등속성운동 기구(Cybex. 350)를 이용하여 전기자극과 등장성 운동 및 등척성운동을 실시한 후의 일의 총량, 최대우력, 평균일률, 신전근에 대한 굴곡근의 최대우력비, 그리고 근지구력을 각각 비교하여 근력증가에 있어서 전기자극의 효과를 알아보기 위하여 본 연구를 실시하였다.

II. 연구 대상 및 방법

1. 연구 대상

본 연구의 대상은 심혈관계와 신경학적 질환이 없고, 술관절부에 외상의 경험이나 동통 또는 운동 제한이 없으며 현재 특별한 운동을 하지 않고 일상생활을 하는 20대의 대학생 30명(남자 12명, 여자 18명)을 대상으로 1996년 6월 3일부터 6월 29일까지 Dominant limb을 훈련하였다.

2. 실험 방법

전기자극은 전기자극 치료기(SYS * STIM 207, METTLER ELECTRONICS® corp. U.S.A)를 사용하여 10ms burst가 출력되는 2500 Hz의 교류전류를 선택하였다. 자극 방법은 10초 자극후에 50초 동안 휴식하는

Table 1. Common Characteristics of Subjects.

Group \ Items	Number	Age(year)	Weight(Kg)	Height(cm)	mean ± SD
					Male/Female
Isotonic	10	22±2	54±7	168±6	4/6
Isometric	10	22±1	54±10	166±7	4/6
Electrical	10	23±2	56±10	163±7	4/6

Table 2. Results of Pre-training muscle strength in all subjects.

Group \ Items	Total work	Peak torque	Average power	Quadriceps /Hamstring	mean ± SD
					Endur-ance
Isotonic	86±34	84±30	79±30	56±14	59±12
Isometric	90±33	87±28	79±24	52±9	61±7
Electrical	89±23	87±14	78±25	55±11	61±12

Medium frequency Program을 설정하였으며, 자극도자의 배치는 Bi-polar technique으로 적용하여 10회의 최대수축을 일으키는 동안에 대상자가 참을 수 있는 범위에서 최대강도로 자극하였다(Pad size : 10×10cm).

등척성운동은 N-K table에 앉아서 슬관절을 60°굴곡 고정된 상태에서 최대 수축을 10초 동안 유지한 후 10초 동안 이완하는 방법으로 10회 반복하였다.

등장성운동은 N-K table에 추를 달아 완전 신전의 15° 이하 범위에서 7초간 유지할 수 있는 무게의 80%로 저항을 주어서 슬관절을 굴곡상태에서 시작하여 신전 후 다시 굴곡하여 원상태로 왔을 때를 1회로 하여 10회 반복 실시하였고, 매 주마다 근력 변화에 따라 저항량을 다시 측정하여 저항을 증가하였다. 등장성 운동시 원심력에 의하여 운동이 일어나는 것을 방지하기 위하여 빠른 속도로 운동이 일어나는 것에 주의하였다.

전기자극과 등장성운동 및 등척성운동의 빈도는 주 6회씩 총 4주 동안 실시하였다.

3. 측정 방법

대상자 30명에 대하여 등속성운동 기구인 Isokinetic Rehabilitation and Testing System(Mode No. Cybex 350. U.S.A.)를 이용하여 측정하였다.

측정 순서는 대상자를 검사대 위에 앉힌 후 정확한 측정을 위하여 상체와 대퇴부를 견고하게 고정시키고 Dynamometer의 Input arm과 하퇴부가 평행하도록 하고, 고정 벨트(Shin pad)를 양쪽 과골 상부에 고정된 후 측정의 목적과 기계의 작동 원리를 대상자에게 충분히 설명하여 최대의 힘을 내도록 하였다.

검사시에는 Gravity effect torque를 측정하여 등속성운동 측과 다리의 무게가 근력에 미치는 영향을 배제한 후

60°/sec, 180°/sec에서 측정을 실시하였으며, 측정전 최대한 수축으로 슬관절의 신전과 굴곡을 4회 반복 연습하도록 하여 검사에 익숙하게 하고, 슬관절의 운동은 굴곡 상태에서 시작하였으며, 신전 후 다시 굴곡하여 원 위치에 올 때까지를 1회 운동으로 하여 60°/sec에서는 5회 반복하고, 180°/sec에서는 20회 반복하여 측정하였다. 근력의 측정은 훈련 시작전과 훈련 후 1주일 간격으로 측정하였다.

4. 자료 분석

검사 결과는 SPSS-PC* 통계 프로그램을 이용하여 각 항목의 평균과 표준 편차를 구하고, 각 군의 기간별 변화를 보기 위해서는 짝비교 T-검증을 하였으며 훈련전의 값을 기준으로 변화의 비율을 계산하였다. 그리고 세 군을 비교하기 위하여 일원 분산분석을 하였다. 이때 유의수준 p 값의 범위는 p < 0.05로 하여 통계학적인 유의성을 구하였다.

III. 연구 결과

1. 대상자의 일반적 특성

실험에 참여한 대상자 30명의 남·여 구성은 남자 12명, 여자 18명으로 평균 연령은 22.2세이며, 평균 체중은 54.5 Kg, 평균 신장은 165.6 cm 이었다(Table 1).

2. 훈련전 슬관절 신전근의 근력 비교

운동과 전기자극을 시작하기 전의 슬관절 신전근의 등속성근력 측정에서 등장성운동, 등척성운동 그리고 전기자극군의 근력은 통계학적 유의한 차이가 없었다(P>0.05)(Table 2).

Table 3. Total work of extensor on 60°/sec(ft-lbs).

Group	mean ± SD				
	Pre.	1week	2weeks	3weeks	4weeks
Isotonic	86±34	94±34 (9.3)*	95±34 (10.5)	09±36 (26.7)	96±31 (11.6)
Isometric	90±33	108±32 (16.7)	101±33 (12.2)	99±32 (10.0)	102±35 (13.3)
Electrical	89±23	97±33 (9.0)	99±26 (11.2)	99±26 (11.2)	106±33 (19.1)

* : ()는 각 군에서 운동전 값에 대한 증가율, %

Table 4. Peak Torque of Extensor on 60°/sec(ft-lbs).

Group	mean ± SD				
	Pre.	1week	2weeks	3weeks	4weeks
Isotonic	84±30	100±32 (19.0)*	92±29 (9.5)	93±33 (10.7)	96±37 (14.3)
Isometric	87±28	96±32 (10.3)	99±33 (13.8)	93±31 (6.9)	106±33 (21.8)
Electrical	87±14	96±25 (10.3)	93±28 (6.9)	97±23 (11.5)	105±29 (20.7)

* : ()는 각 군에서 운동전 값에 대한 증가율, %

Table 5. Average power of extensor on 60°/sec(watts).

Group	mean ± SD				
	Pre.	1week	2weeks	3weeks	4weeks
Isotonic	79±30	79±26 (0)*	81±27 (2.5)	84±31 (6.3)	81±23 (2.5)
Isometric	79±24	88±26 (11.4)	85±28 (7.6)	82±30 (3.8)	90±31 (13.9)
Electrical	78±25	84±24 (7.7)	79±20 (1.3)	89±24 (14.1)	94±30 (20.5)

* : ()는 각 군에서 운동전 값에 대한 증가율, %

3. 일의 총량(Total work)

Total Work는 반복운동 중 근육이 할 수 있었던 일의 총량을 말하는데 ft-lb로 표시되며, 60°/sec 속도에서 측정된 값(Table 3)은 운동전과 비교시 일의 총량은 등장성 운동군과 등척성운동군 그리고 전기자극군에서 다 같이 전체기간 동안에 유의한 증가를 보였다(P<0.05). 등장성 운동은 3주 후에 26.7%로 가장 많은 증가를 보였고, 등척성운동은 1주 후에 16.7%로 가장 많은 증가를 보였다. 그리고 전기자극은 4주 후에 19.1%로 가장 많은 증가를 보였다. 그러나 세 군간의 비교에서는 유의한 차이가 없었다(P>0.05)(Fig 1).

4. 최대우력(Peak Torque)

최대우력은 가동범위의 모든 반복과 모든 점에서 볼 수 있는 우력치 중 최대값이다. 최대우력의 값은 60°/sec 속도에서 측정하였는데(Table 4) 운동전과 비교하였을 때 세 군 모두 전체 기간 동안에 유의한 증가를 보였으며(P<0.05). 등장성운동군은 운동후 1주째 19.0%로 현저한 증가를 보였고, 등척성운동군은 2주째 13.8%의 증가를 보였다. 그러나 전기자극군에서는 4주째 가장 큰 11.5%의 증가율을 보였다. 세 군간의 비교에서는 통계학적 유

의한 차이가 없었다(P>0.05)(Fig 2).

5. 평균일률(Average power)

평균일률은 단위시간에 근육이 할 수 있는 능력으로서 실제적인 일률의 가장 정확한 지표이다. 이것은 total work를 수행하기 위해 소비된 전체 시간으로 나누어 계산되는데, 60°/sec 속도에서 측정된 평균일률(Table 5)에서 등장성운동은 3주에서 유의한 증가를 보였으며 전기자극과 등척성운동군은 전체 기간에 걸쳐서 통계학적 유의한 증가를 보였다(P<0.05). 등장성운동군에서의 증가 비율은 3주 후에 6.3%로 가장 많이 증가하였으며, 등척성운동과 전기자극은 4주 후에 각각 13.9%와 20.5%로 가장 많은 증가를 나타내었다. 세 군간의 비교에서는 통계학적 유의한 차이가 나타나지 않았다(P>0.05)(Fig 3).

6. 신전근의 최대우력에 대한 굴곡근의 최대우력비(Hamstring/Quadriceps Ratio)

신전근에 대한 굴곡근의 최대우력비(Flexion/Extension peak torque ratio)는 최대 굴곡우력(Flexion torque)이 최대 신전우력 (Extension peak torque)의 백분율로 표현된다(Hamstring/Quadriceps ratio). 60°/sec 속도에서 측정된 신전근에 대한 굴곡근의 최대우력비(Table

Table 6. Hamstring/Quadriceps ratio(%).

Group	mean ± SD				
	Pre.	1week	2weeks	3weeks	4weeks
Isotonic	56±14	68±17 (21.4)*	66±12 (17.9)	63±11 (12.5)	63±12 (12.5)
Isometric	52±9	59±10 (13.5)	65±10 (25.0)	62±10 (19.2)	62±13 (19.2)
Electrical	55±11	67±12 (21.8)	70±15 (27.3)	64±12 (16.4)	61±14 (10.9)

* : ()는 각 군에서 운동전 값에 대한 증가율, %

Table 7. Endurance ratio of extensor on 180°/sec(%).

Group	mean ± SD				
	Pre.	1week	2weeks	3weeks	4weeks
Isotonic	59±12	59±9 (0)*	59±9 (0)	56±11 (-5.1)	53±6 (-10.2)
Isometric	61±7	61±3 (0)	58±18 (-4.9)	58±10 (-4.9)	59±5 (-3.3)
Electrical	61±12	62±15 (1.6)	64±9 (4.9)	69±12 (13.1)	67±14 (9.8)

* : ()는 각 군에서 운동전 값에 대한 증가율, %

6)는 등장성운동군과 등척성운동군에서는 다소 높은 증가를 보였으나, 통계학적 유의한 차이는 없었다($P>0.05$). 그러나 전기자극군에서는 전체 기간에서 유의한 증가를 보였다($P<0.05$).

최대 증가는 등장성운동군에서는 1주째 21.4% 증가를 보였으며, 등척성운동군과 전기자극군에서는 2주째 각각 25.0%와 27.3%의 높은 증가율을 보였다. 그러나 세 군간의 통계학적인 유의한 차이는 나타나지 않았다($P>0.05$) (Fig 4).

7. 근지구력비(Endurance ratio)

근지구력비는 20회 반복 운동중 처음 6회 반복 운동에서 얻어진 Total work에 대한 마지막 6회 반복 운동에서 얻어진 Total work를 백분율로 계산하여 구하여지는데 한 work set를 수행하는 과정중 얼마만큼 피곤하게 되었는지를 알 수 있다.

근지구력은 빠른 속도검사에서 구하여 지는데 180°/sec에서 측정된 지구력비(Table 7)는 등장성운동군과 등척성운동군에서는 기간이 경과함에 따라 점차 감소하였으며, 전기자극군에서는 다소 증가의 경향을 보였으나, 통계학적 유의한 차이는 없었다($P>0.05$).

전기자극군은 점차 증가의 경향을 보였으며 3주째 가장 큰 13.1%의 증가율을 보였다. 그러나 세 군간의 비교에서는 통계학적 유의한 차이가 없었다($P<0.05$) (Fig 5).

IV. 고 찰

근력은 근수축에 의하여 발생하는 장력인데 단위면적

에 비례하고 활동하는 섬유 수, 근육의 수축형태, 수축의 속도, 환자의 동기 등에 의하여 영향을 받는다(배성수, 1995). 근력을 증가시킬수 있는 운동은 일반적으로 등장성운동과 등척성운동, 그리고 등속성운동이 있는데, 최근에는 전기자극을 통한 근력증가를 임상에서 흥미있고 중요하게 받아들이고 있다.

근력증가에 전통적 운동방법에서 보다 전기자극이 보다 효과적이었다고 Kots(1977)의 연구 보고 이후 전기자극의 근력증가 효과에 관한 연구가 외국에서는 많이 이루어지고 있다(Currier & Mann, 1983; Laughman et al., 1983).

따라서 본 연구에서는 전기자극과 등장성운동 및 등척성운동을 통한 근력증가의 효과를 비교하고자 등속성 운동 기구를 이용하여 근력을 측정하였다. 등속성운동은 Hislop와 Perrine(1967)에 의해 소개된 이래 스포츠의학과 물리치료분야에서 저항운동의 방법과 환자의 평가자료를 얻는 방법으로 널리 이용되는데 등속성운동 검사에서는 근력을 우력으로 표시되어 근력을 객관성있고 정량적으로 기록할 수 있어 근력평가를 위해 국내에서도 최근 많이 이용되고 있다(이상헌·김세주, 1994; 문성기·채수성, 1995; 최병욱, 1996).

등척성운동은 관절운동 또는 끝운동 없이 0% second speed에서 수행되어지는데 등척성운동은 수축할 때 근섬유가 수축하여 짧아졌을 때 근육의 크기가 증가하는 것이나 근육의 전체 길이에는 변화가 없다. 따라서 어떤 기능적인 운동은 일어나지 않는다.

Knapik, Wright와 Hawsley 그리고 Braun(1983)의 연구에 의하면 등척성운동은 등척성운동을 실시한 각도의

전, 후 10°에서 20° 범위까지는 근력증가가 있다고 보고 하였다. 등척성운동은 일반적으로 고정된 근육의 위축을 방지하거나 근력을 유지하기 위하여 관절자극이 증가됨이 없이 물리치료 분야에서 일찍부터 적용할 수 있으며 부종 감소를 위하여 임상에서 이용되고 있다.

등장성운동은 점진적 저항운동 또는 weight training으로 설명되어 질 수 있다. 등장성운동은 다양한 형태를 통하여 수행되어질 수 있고, 근지구력을 향상시킬 수 있다. 그러나 Rose와 Rothstein(1982)은 근력증가, 근지구력, 근 비대 등에서 등장성운동보다 등척성운동이 더 효과적이라고 하였다.

전기자극에서의 근력증가는 최근에 흥미있게 알려졌으며 임상에서도 중요하게 받아들여지고 있다. 건강한 근육에서의 반응은 50Hz에서 수의적인 운동과 같은 반응을 나타내며, 강축을 일으키기 위해서는 300Hz 이상의 빠른 주파수가 요구된다고 Kots(1977)는 주장하였으나, Sugai와 Worsley 그리고 Payne(1975)는 75Hz에서 최대 근력이 발생되었다고 보고하였다. 그러나 근육을 충분히 자극하기 위해서는 적당한 전류의 선택 문제와 자극시 환자의 불편한 느낌이 있는데 임상에서는 주로 고압단속 평류와 간섭파, Russian current가 주로 선택되어지고 있다(Mackler & Robinson, 1989).

근력증가의 기전으로는 근성요인과 신경인성요인으로 나누어 지는데 Wilmore(1974)가 근의 비대없이 근력의 증가가 있었다고 보고한 후 근력의 증가는 근 비대와 근육의 최대 수축력 발휘에 장애를 주는 Golgi tendon organ의 억제작용을 방해하는 탈억제이며 근 수축시 동원되는 운동단위 수의 증가, 그리고 동원된 운동단위의 발사빈도와 동시화 등과 같은 신경인성 요인이 함께 관여하는 신경-근의 복합적인 작용에 의해 발생되어지는 것으로 생각되고 있다(Person & Kudina, 1972; Kramer et al., 1988).

Moritani와 Deverise(1979)는 이러한 요소들이 운동시 근력의 증가에 관여하는 양상을 연구하여 운동후 첫 3주에서 5주까지는 근력증가의 원인이 주로 신경인성 요인에 의한 것이라고 보고하였다.

Kots(1977)는 인체 골격근에서 전기자극은 수의적인 운동에서의 유사한 수축이 아니라는 사실을 생리학적으로 알았는데, 전기자극의 효과는 운동단위의 증가에 기인한다고 주장하였으며, 그것은 훈련을 통하여 억제 때문에 사전에 활성화되지 않았던 개개의 운동단위를 동원하는 것이다. 이러한 Kots의 이론을 인정함에도 불구하고

그의 전기자극을 통한 근력증가 효과는 확증되지 않고 있다.

근력은 전통적인 수의적 능동운동과 전기자극 프로그램 양쪽에서 유사한 까닭은 McMiken 등(1983)의 연구에서 세포의 적응기전은 수축형태가 어떤것이든 활성화될 것이라고 주장하였다.

본 연구에서는 20대의 건강한 성인을 대상으로 전기자극과 등장성운동 그리고 등척성운동을 통한 근력증가 효과를 알아본 결과 60°/sec속도에서 측정된 일의 총량, 최대우력, 평균일률 그리고 신전근에 대한 굴곡근의 최대우력비는 훈련전과 훈련후를 비교하였을 때 모든 항목에서 증가를 나타내었다.

일의 총량 값을 훈련전과 비교하였을 때 1주에서 전기자극과 등장성군에서 9%의 동일한 증가를 보였으며, 등척성군에서는 16.7%의 증가를 보여 등장성군과 전기자극군에 비하여 다소 높은 증가를 보였다. 2주에서는 세 군 모두 비슷하게 증가하였으며, 3주에서는 등장성군이 26.7%의 비교적 높은 증가를 보였다. 마지막 4주에서는 등장성군은 11.6%의 증가와 등척성군은 13.3%의 증가를 보인 반면에 전기자극군은 19.1%의 증가를 보였다.

최대우력은 1주에서 등척성군과 전기자극군이 각각 10.3%의 증가를 보인 반면 등장성군에서는 19%의 증가를 보였다. 그리고 2주와 3주에서는 세 군에서 비슷한 증가를 보였는데 4주에서는 등척성군이 21.8%, 전기자극이 20.7%의 증가를 보였으나, 등장성군에서는 14.3%의 증가를 보여 다소 적은 증가를 보였다.

평균일률에서는 전체 기간에 걸쳐서 등척성군과 전기자극군에 비하여 등장성군이 보다 적은 변화를 보였는데 4주후에서는 전기자극군에서 다소 높은 20.5%의 증가를 보였다.

신전근에 대한 굴곡근의 최대우력비에서는 1주에서 등장성군이 비교적 높은 21.4%의 증가를 보였고, 2주에서는 등척성군이 25%의 증가를 보였으며 전기자극군은 21.3%의 증가를 보였다. 그리고 3주와 4주에서는 12.5%에서 19.2%의 비슷한 증가를 세 군에서 보였다. 따라서 전기자극군이 운동군과 비슷한 근력증가를 보였으나, 세 군과의 비교에서는 유의한 차이가 없었다.

근지구력비에서는 세 군 모두 변화가 없었으며 마지막 4주에서는 등장성군은 10.2%의 감소와 등척성군은 3.3%의 감소를 보인 반면 전기자극군에서는 9.8%의 증가를 보였다. 그러나 세 군간의 비교에서는 유의한 차이가 없었다.

Kramer와 Semple(1983)는 전기자극군과 등척성운동

군 그리고 등척성운동에 전기자극을 동시에 실시한 군으로 나누어 실험한 결과 조절군과는 유의한 차이를 보였지만 세 군과의 비교에서는 차이가 없다는 결과를 보고하였으며, 또한 5주 동안 주 3회 훈련을 한 연구에서 전기자극군은 유의한 근력 증가를 보였으나 전기자극군과 등장성 및 등척성운동군간의 비교에서는 유의한 차이 없이 비슷한 증가를 보였다는 Carrier등(1983)의 결과와 유사한 결과가 본 연구에서도 나타났다.

Rose등(1982)이 근력증가, 근지구력, 근비대 등에서 등장성운동보다 등척성운동이 더욱 효과적이라고 한 연구의 결과와는 상반되게 본 연구에서는 두 군에서 유사한 근력증가를 보였다.

Massey등(1965)은 전기자극이 종래의 등장성운동과 등척성운동과 같은 운동방법보다 근력을 증가시키기에 효과적이지 않다고 보고하였는데 이들의 실험은 Kots(1977)가 주장하였던 중주파 전류가 아니고 저주파를 이용한 실험이었다. 또한 200Hz의 정현파 전류를 이용한 실험에서는 지구력은 변화가 없다고 보고하였다(Erikson, Haggmark & Kiessling et al., 1981).

Hartell(1987)은 65Hz의 전류를 사용하여 6주 동안 주 5회의 훈련으로 전기자극군에서 지구력이 다소 증가의 경향을 보였으나, 운동군과의 비교에서 유의한 차이는 아니었다는 결과와 비슷한 결과를 본 연구에서도 보여 주었다.

따라서 근지구력에 관한 연구는 충분한 실험기간과 자극전류의 선택을 고려한 연구가 필요하다고 생각되어지며 전기자극은 수의적 수축시 통증이 발생되거나 의지가 약한 환자에게 효과적으로 적용될 수 있으며, 고정된 근육이나 특정 근육군을 선택적으로 자극하여 위축을 방지하거나 근력을 증가시킬 목적으로 이용될 수 있다고 사료된다.

V. 결 론

일상생활을 하고 있는 건강한 20대 대학생 30명을 대상으로 슬관절 신전근에 전기자극, 등장성, 등척성 운동을 각각 실시하여 등속성 운동기구(Cybex 350)를 이용한 근력측정에서 측정값을 통계분석하여 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 일의 총량에서는 전체기간에서 유의한 증가가 나타났으며($P<0.05$), 등장성운동군과 등척성운동군 및 전기자극군의 비교에서는 통계학적 유의한 차이가 없었다(P

0.05).

2. 최대우력 측정값에서는 매 주 유의한 증가를 보였으며($P<0.05$), 세 군간 비교에서는 유의한 차이가 없었다($P>0.05$).

3. 평균 일률은 세 군간 비교에서는 통계학적 유의한 차이가 나타나지 않았으며($P>0.05$), 등장성운동군은 3주까지는 유의한 차이를 보였으며, 등척성운동군과 전기자극군에서는 전 기간에 걸쳐 유의한 차이를 나타내었다($P<0.05$).

4. 신전근의 최대우력에 대한 굴곡근의 최대우력비에서는 등장성운동군 과 등척운동군에서 다소 높은 증가비를 보였으나 유의한 증가는 없었고($P>0.05$), 전기자극군에서는 유의한 차이를 나타내었다($P<0.05$). 그러나 세 군간에서는 유의한 차이가 없었다($P>0.05$).

5. 지구력은 등장성 운동군과 등척성 운동군은 약간 감소의 경향을 보였고, 전기자극군에서는 다소 증가의 경향을 보였으나 통계학적 유의한 차이는 없었다($P>0.05$). 그리고 세 군간에서도 통계학적 유의한 차이를 나타내지 않았다($P>0.05$).

6. 이상의 결과로 근력증가에 전기자극이 운동방법과 유사한 근력증가를 보였으며 지구력은 다른 군에서는 감소를 보였는데 비하여 전기자극군에서는 약간 증가의 경향을 보였다($P>0.05$).

참 고 문 헌

- 김상범, 김진호(1987). 한국 정상성인의 슬관절 신근 및 굴근에 대한 등속성운동 평가. 대한 재활의학회지, 제11권, 제2호, 173-181.
- 문정림, 강세윤(1989). 정상 성인에 있어 슬관절부 근육의 등척성 및 등속성 근력 평가. 가톨릭대학 의학부 논문집, 제42집 제1호, 321-331.
- 배성수 외 12명(1995). 운동치료학. 서울: 대학서림.
- 이재학(1987). 운동치료학. 서울: 대학서림.
- 윤승호, 남명호, 김은이, 선광진(1990). 충남의대 학생들의 슬관절 주위근에 대한 등속성 운동 평가. 대한재활의학회지, 제14권, 제2호, 268-27.
- 최병옥(1996). 요추간판 수핵탈출증 수술환자의 체간부 굴근 및 신근의 등속성 운동 평가. 대한물리치료사 학회지, 제3권 2호, 117-127.
- Currier, D.P., & Nelson, R.M.(1987). Clinical Electrophysiology, U.S.A. Appleton & Lange, P 51, 143-147.

- Currier, D.P., & Mann, R.(1983). Muscular strength development by Electrical stimulation in healthy individuals. *Phys Ther.* 63 : 915.
- deLateur, B., Lehmann, J.F., & Warren, C.G., et al. (1972). Comparison of effectiveness of isokinetic and isotonic exercise in quadriceps strengthening. *Arch Phys Med Rehabil.* 53 : 60-64.
- Eriksson, E. et al.(1981). Effects of the Electrical stimulation on Skeletal muscle. *Int. J Sports Med.* 2 : 18.
- Hettinger, T., & Muller, E.A.(1953). Muskelleistung und Muskeltraining. *Arbeitsphysiolge.* 15 : 111-126.
- Hislop, J.H., & Perrine, J.J.(1967). The Isokinetic concept of Exercise, *Phys. Ther.* 47 : 114-117.
- Johnson, D.H., Thurston, P., & Ashcroft, P.J.(1977). The Russian technique of faradism in the treatment of chondromalacia patellae. *Physiother Can.* 35 : 5.
- Knapik, J.J., Wright, J.E., Hawsley, R.H., & Braun, J. (1983). Isometric, Isotonic, and Isokinetic Torque variation in four muscle groups through range of joint motion. *Phys Ther.* 63, 938-947.
- Kots.(1977). Lectures and Laboratory Periods, Y.M. Symposium on Electrostimulation of Skeletal Muscle, Concordia university, Canada.
- Kramer, J.F., Semple, J.E.(1983). Comparison of selected strengthening techniques for normal quadriceps. *Physiother Can.* 35 : 300.
- Laughman, R.K., Youdas, J.W., & Garrett, T.F., et al. (1983). Strength changes in the normal quadriceps femoris muscle as a result of electrical stimulation. *Phys Ther.* 63 : 494.
- Lynn, S.M., & Andrew, J.R.(1989). *Clinical Electrophysiology*, William & Wilkins, Baltimore.
- Massey, B.H., Nelson, R.C., Sharkey, B.C., & Comden, T.(1965). Effect of high frequency electrical stimulation on the size and strength of skeletal muscle. *J sports Med Phys Fit.* 5 : 136-144.
- Meryl, R.G.(1992). *Electrotherapy in Rehabilitation*, F.A DAVIS company, Philadelphia. 254-256.
- Moffroid, M., Whipple, R., Hofkosh, J., Lowman, E., & Tistle, H. (1969). Study of isokinetic exercise. *Phys. Ther.* 49, 735-74.
- Moritari, T., & Deveris, H.K.(1979). Neural factors versus hypertrophy in the time course of muscle strength gain. *Am J Phys Med.* 58 : 115-130.
- Muller, E.R.(1970). Influence of training and of inactivity on muscle strength. *Arch Phys Med Rehabil.* 51,449-462.
- Nobbs, L.A., & Rhodes, E.C.(1986). The Effect of electrical stimulation and isokinetic exercise on muscular power of the quadriceps femoris. *J Orthop sports Phys Ther.* 08 : 05.
- Ronald, J., Kubiak, J.R., Kim M., & Whitman, B.S., et al.(1987). Changes in quadriceps femoris muscle strength using isometric exercise versus electrical stimulation. *J Orthop Sports Phys Ther.* 08 : 11.
- Rose, S.J., & Rothstein, J.M.(1982). Muscle Mutability : Part I, General concepts and adaptations to altered pattern of use. *Phys Ther.* 62 : 1773.
- Sugai, N., Worsley, R., & Payne, J.P.(1975). Tetanic force development of adductor pollicis muscle in anaesthetical man. *J Appl Physo.* 39 : 714.
- Thistle, H.G., Hislop, J.H., maffroid, M. & Lowman, E. W.(1967). Isokinetic contraction : A newconcepts of resistive exercise, *Arch Phys. Med. Rehabil.* 48 : 279-282.
- Wilmore, J.H.(1974). Alterations in strength, body composition and anthropometric measrements consequents to a 10 week weight training program. *Med Sci Sports Exerc.* 6 : 133-138.