

대한정형도수치료학회지 제14권 제1호 (2008년 6월)  
Korean J Orthop Manu Ther, 2008;14(1):31-38

## 대퇴사두근의 등척성 운동과 전기자극에 의한 근력 증가 비교

김택연 · 원상희<sup>1)</sup> · 박현식<sup>2)</sup>

대전대학교 물리치료학과, C&S 운동처방센터<sup>1)</sup>, 연세 미소의원 물리치료실<sup>2)</sup>

### Abstract

## The Comparison of Quadriceps Femoris Muscle Strength by Isometric Exercise and Electrical Stimulation in Healthy Subjects

Taek-Yean Kim, Sang-Hee Won<sup>1)</sup>, Huyn-Sik Park<sup>2)</sup>

*Dept. of Physical Therapy, Daejeon University  
Central & Stability Exercise prescription Center<sup>1)</sup>  
Department of Physical therapy, Yonsei Miso clinic<sup>2)</sup>*

**Purpose** : The purpose of this study was to compare the effectiveness of both neuromuscular electrical stimulation(NMES) and isometrical exercise(IE) to strengthen the quadriceps femoris muscle. The relationships between the strength changes and the relative force and duration of training contractions were also studied. **Methods** : The subjects were divided into three group. The control group(n=6) received no exercise and/or stimulation. The isometric exercise(IE) group(n=6) performed maximum isometric contractions, and the neuromuscular electrical stimulation(NMES)(n=6) engaged electrically stimulated isometric contractions, three days a week for four weeks. **Results** : Results showed that both IE group and NMES group were found to have an increase in strength significantly greater(p<0.05) than the control group at 4 week. But between IE group and NMES group were not found to have an difference in strength significantly. **Conclusion** : The relative increase in isometric strength, using IE and NMES, may be determined by the ability of the subjects to tolerate longer and more forceful contractions. Suggestions for further research and implications for the clinical of IE and NMES for strength-training are discussed.

**Key Words** : isometric exercise, Neuromuscular electrical stimulation, Quadriceps femoris

교신저자 : 원상희(C&S 운동처방센터, 011-676-5228, E-mail : opt62@hanmail.net)

## I. 서론

슬관절은 신체에서 가장 큰 관절 중 하나이면서 체중 부하를 담당하는 관절로 골 구조 상 불안정하고, 또한 외력을 받기 쉬운 하지의 중간에 위치하기 때문에 가장 잘 손상되므로 근육, 인대, 관절 막 등의 관절 외 연부 조직의 역할이 매우 크다. 슬관절 주위의 근육과 건들은 대퇴사두근, 비복근, 슬건, 슬와근, 장경대 등이 있다. 대퇴사두근 중 특히 내측광근은 가장 위축이 잘 오는 근육으로 슬관절 신전의 마지막 10-15° 에서 주로 작용하여 손상 시 슬관절을 완전히 신전할 수 없게 되며, 보행 시 초기 입각기에서 무게 중심을 위해 흉곽을 전면으로 기울여 걸게 하거나, 슬개골이 외측으로 이동하여 기형이나 탈구가 유발될 수 있다(Blackburn and Craig, 1980). 그러므로 슬관절 안정성 확보를 위하여 대퇴사두근의 근력을 증가시키는 것이 매우 중요하다.

근력 증진 방법에는 등장성 운동, 등척성 운동, 등속성 운동 등이 있으며, 이러한 근력강화 방법 중 등척성 운동은 다른 근력 강화법에 비해 손쉽게 신체의 거의 모든 근육에서 시행하는 것이 가능하고 비교적 시간이 적게 들며 근육통 유발 등의 문제점을 배제 할 수 있고, 수축 시 통증이 생기거나 움직임 자체가 금기인 관절의 근력강화에 있어 이상적 운동법 중 하나라고 할 수 있다(Delisa, 1988). 1977년 러시아의 Kots가 근력증강의 목적으로 중추과전류를 이용한 신경근전기자극방법을 소개한 이래 근력증강 목적의 전기자극에 대한 연구가 활발히 진행되었다(Babkin & Timtsendo, 1977). Kots(1977)는 건강한 대상자와 손상 환자에게 신경근전기자극을 적용했을 때 골격근의 근력강화에 효과가 있음을 제시하였으며, 전기자극이 수의 수축보다 더 많은 운동단위를 보강하여 10~30% 근력증가 효과가 있었다고 주장하였다

Eriksson과 Haggmark(1979)의 슬관절 인대수술 환자를 대상으로 한 연구에서 수술 후 등척성 운동과 전기자극을 동시에 시행한 경우 등척성 운동만 시행한 것보다 유의하게 근력이 증진되어 위축방지에 더 좋은 효과를 나타냈다고 보고하였다. Johnson 등(1977)은 경한 슬개골연골연화증 환자의 대퇴사두근에 전기자극을 한 결과 근력이 25.3% 증가되었고 심한 슬개골연골연화증 환자에서는 무려 200%의 근력증가를 얻었다고 보고하였다. 또한 Romero 등(1982)은 건강한 대상자의 대퇴사두근에 전기자극을 한 결과 근력이 31% 증가되었다고 보고하였으며, Halbach와 Straus(1980)는 정상 성인의 대퇴사두근에 전

기자극을 한 결과 근력이 22% 증진되었다고 보고하였다. 한편 Currier 등(1979)은 대퇴사두근에 수의운동과 전기자극을 병행한 군과 수의운동만 실시한 군을 비교한 결과 근력증가 효과가 더 크지 않았다고 보고하였고, Thomas 등(1985)은 전기자극과 수의 등척성 운동을 비교한 결과 전기자극보다 수의 등척성운동이 근력증가의 효과가 있었다고 발표하는 등 수의운동과 전기자극으로 유발시킨 등척성 수축에 따른 근력 증진 효과에 대한 보고가 일관성이 없어 저자들은 신경근전기자극과 수의운동에 의한 대퇴사두근의 근력 변화를 규명할 필요성을 갖게되었다.

본 연구의 목적은 대퇴사두근의 전기자극이 근력 증가 효과가 있는지 및 대퇴사두근의 등척성운동이 근력 증가 효과가 있는지와 전기자극과 등척성운동에 의한 근력 증가 효과에 차이가 있는지, 또한 어느 시기부터 근력 증가 효과가 나타나는지를 규명하기 위해서 전기자극 및 등척성 운동 전 후 정점 비트는 힘(peak torque)을 측정하여 비교하였다.

## II. 연구대상 및 방법

### 1. 연구대상

본 연구는 2007년 5월 7일부터 2007년 6월 4일까지 W대학에 재학 중인 20~30대의 건강한 학생 18명을 대상으로 하였다. 본 연구의 목적을 이해하고, 참가동의서를 작성한 지원자 중 슬관절의 근골격계 질환이나 그로 인한 수술 경험이 없는 자, 전기자극을 적용할 대퇴사두근에 외상의 기왕력이 없는 자, 연구 전 일주일 동안 근육통을 동반할 정도의 심한 운동을 하지 않은 자, 심장질환의 경력이 없는 자를 선정하였다. 대상자들을 6명씩 대조군, 전기자극군 및 등척성운동군에 무작위로 배정하였다. 대상자의 평균 연령과 체중은 표 1과 같았으며 각 군간 나이, 키 및 체중의 차이는 없었다.

표 1. 연구대상자의 일반적인 특성

Group	Age	Height	Body Weight
ES(n=6)	27.50±1.52 <sup>1</sup>	166.00±7.59	54.95±7.33
IE(n=6)	28.50±1.76	170.00±11.10	59.11±13.24
Control(n=6)	28.33±1.63	172.17±4.21	72.11±17.84

ES : Electrical Stimulation

IE : Isometric Exercise

<sup>1</sup>Mean±SD

## 2. 연구 방법

### 1) 처치

전기자극군 대상자는 치료대에 바로 누운 자세에서 무릎 밑에 베개를 고여 슬관절을 30도 굴곡 시킨 다음 생리식염수를 충분히 적신 후 한 전극 (5×10cm)은 슬개골 상방 약 20 cm의 대퇴 전면 대퇴직근(rectus femoris)의 근위부에 부착하였으며 다른 전극 (5×10cm)은 슬개골 상방 3 cm의 대퇴 전면 대퇴직근의 원위부에 배치하였다. 전기자극은 220 V, 60 Hz의 전원이 공급되는 Endomed 982(Enraf-Nonius, Delft, Netherland)를 사용하였다. 전기자극기에 내장되어 있는 운반주파수 2500 Hz의 중주파전류를 50 bps로 돌발시킨 러시아전류를 선택한 후 경사증가시간 2초, 경사감소시간 1초, 통전시간 10초, 비통전 시간을 50초로 고정하여 10회 반복하도록 작동시간을 11분 20초로 설정하고 대상자가 견딜 수 있는 범위 내에서 최대 가시수축이 일어나는 강도로 자극하였다. 등척성 운동군은 바로 누운 자세에서 최대수의수축을 10초간 실시하고 50초간 휴식하는 방법으로 10회 반복하였다. 연구자는 초시계를 사용하여 정확하게 수축시간과 휴식 시간을 지켰으며, 수축시간에 들어가기 전 대상자들의 주의집중을 위해서 수축시작 5초 전부터 '5, 4, 3, 2, 1, 시작' 이라는 구두명령을 사용하였으며 10초간 수의수축을 할 때 연구자는 구두독려를 통해 최대수축이 일어나도록 유도하였다. 대조군 대상자는 등척성운동군과 동일한 방법으로 치료대 위에 10분간 누워있게 하였다. 모든 대상자는 주당 3회씩 4주간 총 12회의 처치를 받게 하였다. 등척성 운동 및 전기자극은 하지의 우성과 비우성에 관계없이 우측 하지에 일관되게 적용하였다. 모든 대상자는 연구기간도중에 어떠한 근력강화 프로그램에도 참여하지 않도록 교육하였고, 일상생활에 관해서는 의도적으로 제한을 두지 않았다.

### 2) 근력측정

모든 대상자는 고관절이 90~100도 굴곡되는 검사대에 앉히고, 삼점 안전띠와 대퇴띠를 이용하여 상체와 골반 및 대퇴부를 고정시키고, 양팔은 의자 옆 손잡이를 잡도록 하였다. 슬관절 축은 Biodex 지레팔의 회전축에 정렬하고 오른쪽 슬관절은 60도 굴곡자세로 고정하고, Biodex 속도 조절기(speed-selector)는 0도/sec에 맞추었다. 지레팔의 원위부 끝은 복사뼈 원위부에 단단하게 고정시키고 반대편 하지는 하지 고정봉으로 보상운동이 일어나지 않도록 잘 고정하였다. 근력측

정 적용은 대상자가 Biodex에 고정된 후 컴퓨터 프로그램에서 시작을 알리는 벨소리와 함께 시작하여 끝을 알리는 지시를 들을 때까지 최대의 힘과 정확한 동작으로 각속도 60도에서는 5회, 각속도 180도에서는 10회 슬관절의 굴곡 및 신전운동을 반복 하게 하여 정점 비트는힘을 기록하였다. 대퇴사두근의 근력을 측정하기 전에 대상자들에게 간단한 시범을 보인 후 모든 대상자들에게 측정 방법을 이해 시켰으며 근력은 동일 연구자가 처치 전과 주 1회씩 연속적으로 측정하였다. 정점 비트는힘은 근력, 근지구력, 관절각도 등을 측정할 수 있고, 이 측정치들을 비교 분석할 수 있는 컴퓨터가 내장된 Biodex System 3(Biodex Medical System Inc., Shirley, New York, 11967, U.S.A.)을 사용하였다.

## 3. 자료분석

전기자극군, 등척성운동군, 대조군의 최대 비트는 힘의 평균값을 구하고 처치 전의 비트는 힘과 처치 후의 비트는 힘의 차이를 산출하여 각 군간 시간 경과에 따른 차이를 반복측정 분산분석(repeated measures ANOVA)을 사용하여 비교하였다. 군 간 비트는 힘의 차이는 Duncan 다중순위검정으로 사후검정을 시행하였으며 유의수준은 0.05로 하였다. 모든 통계분석은 SPSS/WIN(ver 10.0)을 사용하였다.

## III. 연구 결과

### 1. 각속도 60도에서의 평균 비트는 힘

각속도 60도에서 측정한 전기자극군, 등척성운동군, 대조군의 대퇴사두근의 평균 비트는힘은 표 2와 같았다. 시간 경과에 따른 대퇴사두근의 평균 비트는힘의 차이는 전기자극군의 경우 1주 후 1.50 ft·lbs, 2주 후 3.28 ft·lbs, 3주 후 9.35 ft·lbs, 4주 후 14.61 ft·lbs였고, 등척성운동군의 경우 1주 후 1.52 ft·lbs, 2주 후 5.31 ft·lbs, 3주 후 11.29 ft·lbs, 4주 후 15.26 ft·lbs였으며, 대조군은 1주 후 1.65 ft·lbs, 2주 후 1.56 ft·lbs, 3주 후 1.96 ft·lbs, 4주 후 2.03 ft·lbs였다(그림 1). 대퇴사두근의 평균 비트는 힘의 차이 값을 반복측정 분산분석 한 결과 시간경과에 따라 유의한 차이를 보였고( $p < 0.001$ ), 군 간에도 유의한 차이를 보였으며

( $p < 0.05$ ), 시간과 군의 상호작용효과는 없었다(표 3).

표 2. 각속도 60도에서 측정된 전기자극군, 등척성운동군, 대조군의 대퇴사두근의 평균 비트는 힘 비교

(ft/lbs)

Group	0 week	1 week	2 week	3 week	4 week
ES	116.70 ± 38.70	118.20 ± 43.26	119.98 ± 37.81	126.05 ± 35.43	131.31 ± 37.57
IE	119.50 ± 44.68	121.01 ± 41.68	124.81 ± 44.45	130.78 ± 50.02	134.76 ± 48.56
Control	123.43 ± 41.16	124.89 ± 44.13	126.14 ± 46.83	125.89 ± 42.96	126.01 ± 42.34

ES : Electrical Stimulation  
IE : Isometric Exercise

표 3. 각속도 60도에서 각 그룹의 대퇴사두근 평균 비트는 힘의 차이 값에 대한 반복측정 분산분석

Source	SS	MS	df	F	p
Time	925.10	308.37	3	11.69	0.00*
Group	493.85	246.92	2	4.24	0.04*
Time x Group	289.93	48.32	6	1.35	0.26

\*  $p < .05$

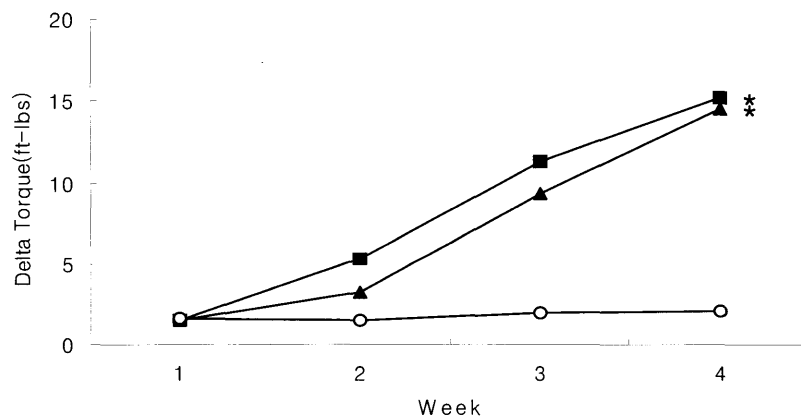


그림 1. 각속도 60도에서 각 그룹의 시간변화에 따른 대퇴사두근 평균 비트는 힘의 변화

2. 각속도 180도에서의 평균 비트는 힘

각속도 180도에서 측정된 전기자극군, 등척성운동군, 대조군의 대퇴사두근의 평균 비트는 힘은 표 4와 같았다. 시간 경과에 따른 대퇴사두근의 평균 비트는 힘의 차이는 전기자극군의 경우 1주 후 0.91 ft·lbs, 2주 후 1.76 ft·lbs, 3주 후 4.00 ft·lbs, 4주 후 10.99 ft·lbs였고, 등척성운동군의 경우 1주 후 2.79 ft·lbs, 2주 후

2.27 ft·lbs, 3주 후 6.90 ft·lbs, 4주 후 14.59 ft·lbs였으며, 대조군은 1주 후 1.78 ft·lbs, 2주 후 1.86 ft·lbs, 3주 후 2.46 ft·lbs, 4주 후 2.58 ft·lbs였다 (그림 2). 대퇴사두근의 평균 비트는 힘의 차이 값을 반복측정 분산분석한 결과 시간경과에 따라 유의한 차이를 보였고 ( $F=14.942$ ,  $p < 0.001$ ), 군간에도 유의한 차이를 보였으며 ( $F=4.130$ ,  $p < 0.05$ ), 시간과 군의 상호작용효과는 없었다(표

5).

표 4. 각속도 180도에서 측정된 전기자극군, 등척성운동군, 대조군의 대퇴사두근의 평균 비트는 힘 비교

(ft/lbs)

Group	pre	1 weeks	2 weeks	3 weeks	4 weeks
ES	75.22±27.93	76.13±24.73	76.97±27.32	79.22±26.22	86.21±29.52
IE	75.68±27.91	78.48±29.84	77.95±32.08	82.58±29.74	90.27±30.72
Control	82.83±32.71	84.48±33.88	84.39±36.37	84.79±30.24	84.86±35.36

ES : Electrical Stimulation

IE : Isometric Exercise

표 5. 각속도 180도에서 각 그룹의 대퇴사두근 평균 비트는 힘의 차이 값에 대한 반복측정 분산분석

Source	SS	MS	df	F	p
Time	653.82	217.94	3	14.94	0.00*
Group	281.72	140.86	2	4.13	0.04*
Time x Group	307.01	51.17	6	3.51	0.07

\*p<.05

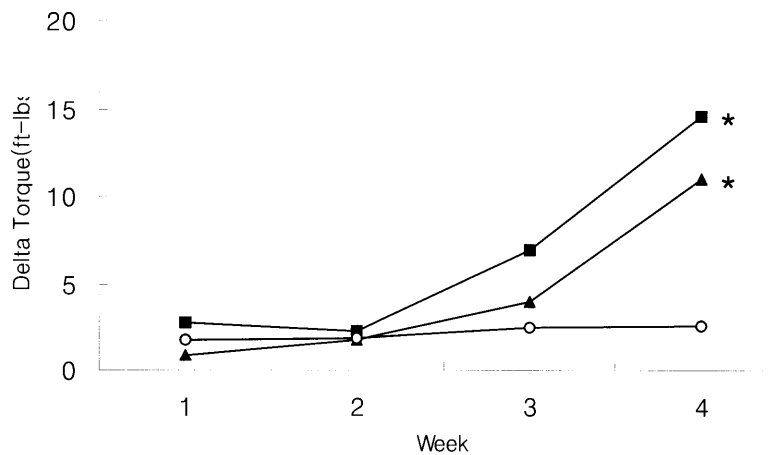


그림 2. 각속도 180도에서 각 그룹의 시간변화에 따른 대퇴사두근 평균 비트는 힘의 변화

#### IV. 고찰

본 연구에서 전기자극 및 등척성 운동을 시행한 결과 각속도 60도에서의 시간 경과에 따라 대퇴사두근의 정점 비트는 힘이 유의한 차이를 보였으며, 군간 유의한 차이가 없어 시간과 군간 상호작용 효과가 없었다. 군

간 대퇴사두근의 정점 비트는 힘은 유의한 차이를 보였으며 전기자극군 및 등척성운동군이 대조군보다 유의하게 높게 나타났다. 아울러 각속도 180도에서도 시간 경과에 따라 대퇴사두근의 정점 비트는 힘이 유의한 차이를 보였으며, 군간 유의한 차이가 없어 시간과 군간 상호작용 효과가 없었다. 군 간 대퇴사두근의 정점 비트는 힘은 유의한 차이를 보였으며 전기자극군 및 등척

성운동군이 대조군보다 유의하게 높게 나타났다. 또한 전기자극과 등척성 운동 간의 정점 비트는 힘은 유의한 차이를 보이지 않았다. 이러한 결과는 전기자극 및 등척성운동이 대퇴사두근의 근력을 증가시켰고, 전기자극과 등척성 운동 간의 근력증가 효과는 차이가 없음을 보여주었다. 한편 각속도 60도와 180도에서의 시간에 따른 군 간 대퇴사두근의 정점 비트는 힘은 유의한 차이를 보였으며 사후 검정 결과 4주 후에 유의한 차이가 나타나 4주 이상 전기자극 및 등척성 운동을 시행했을 때 대퇴사두근의 근력이 증가되었음을 보여주었다.

동적인 상태의 근강력을 나타내는 정점 비트는 힘은 근육의 최대 운동능력의 지표로 사용되며 연령, 성별, 각속도, 중력, 검사 방법 등에 영향을 받는다(Fillyaw et al, 1986; 윤태식 등, 1990). 특히 등속성 운동기구를 이용한 근력측정 시 운동속도가 증가함에 따라 정점 비트는 힘이 감소하며 각속도 60도에서 등척성 슬관절 신전 비트는 힘이 최고에 달하기 때문에 본 연구에서 각속도 60도와 180도에서 슬관절 신전근의 정점 비트는 힘을 측정하여 근력을 대표하는 값으로 사용하였다.

등척성 운동을 통한 근력 강화 시 충분한 효과를 거두려면 근육 섬유에 피로를 유발시킬 정도의 강한 힘과 모든 근육 섬유가 동원 될 수 있을 정도의 충분한 시간 동안 수축하는 것이 중요하다고 하였으며(Delisa, 1988), 단속시간비는 근피로와 관련되어 1:5의 비율을 적용하여 운동하였을 때 근피로가 최소화되었다고 하였다(Baker et al, 1993). 또한 정상인을 대상으로 전기자극 시 단속시간비 1:3, 1:5, 1:7 의 효과를 연구한 결과 1:3의 비율로 자극하였을 때 다른 2개의 순환주기에서 검사된 것보다 더 과도한 근피로를 일으키는 것으로 나타났다. 그러나 전기자극 적용 시 근피로의 결정적인 요소는 많은 양의 수축으로 나타났다고 보고하였다(Snyder-Mackler, 1989). 또한 Kots & Xvilon(1971)은 단속시간비를 10s:50s로 하여 10분간 자극하였을 때 최대효과를 얻을 수 있다고 보고하였다. 본 연구에서는 이와 같은 선행연구의 결과에 근거하여 등척성 수축 시 10초 수축, 50초 휴식하는 방법으로 실시하였다.

본 연구에서 전기자극과 등척성 운동 시행 4주 후 각속도 60도와 180도에서 대퇴사두근의 정점 비트는 힘이 대조군 보다 유의하게 증가하여 전기자극과 등척성 운동 모두 대퇴사두근의 근력을 증가시켰음을 보여주었다. 이러한 결과는 대퇴사두근에 4주간 전기자극한 결과 근력이 유의하게 증가했다는 Eriksson 등 (1981)

의 보고, 5주간 전기자극으로 근력이 유의하게 증가했다는 Romero 등(1982), Babkin & Timtsendo(1977), Laughman 등(1983)의 보고와 유사하였다. 전기자극과 등척성 운동에 따른 근력 증가는 근 섬유형의 변화에 따른 것으로 사료된다. 골격근은 새로운 활성양상, 훈련에 따라 적응하는 능력이 있어 근육의 특성이 변화하며, 근 섬유의 비는 고정된 것이 아니고 전기자극, 운동의 양상 등에 따라 근 섬유형이 변화한다. 특히 II형 섬유가 더 민감하게 변화하는데 수 주 동안 저주파 전기자극을 하면 생화학적, 생리학적으로 I형 섬유의 특성을 띠게 된다(Hudlicka et al, 1977). Hudlicka 등 (1982)은 IIb형 섬유에 낮은 주파수로 장기간 전기자극 했을 때 근수축의 특성이 I형 섬유와 같이 변하며 이러한 변화는 자극기간과 관계가 있어 최소한 2주 이상 장기간 자극하면 근섬유형이 변화한다고 하였다. 등척성 운동을 할 때 근력의 증가는 일반적으로 4-12주의 훈련을 하면 근력은 15-30% 증가하는데 근 단면적은 5-10% 전후의 증가에 머문다. 훈련초기에는 근 횡단 면적의 증가를 수반하지 않는 근력증가가 보이며 이것은 주로 신경계의 개선, 즉 활성화되는 운동단위의 증가에 의한다. 운동 직후의 대퇴사두근 단면의 고밀도 영역에 증가하는 데에서 근수축에 참가하는 근섬유량 즉 운동신경의 증가를 동반한 근력증가가 일어난다. Thorstensson 등(1976)은 근섬유조성과 근력의 관계에 관해 검토하여 180°/sec의 정점 토크와 단위면적당 II형 섬유구성율(% type II)은 정비례의 상관관계가 있고, 동시에 % type II와 슬관절의 최대속도도 정비례의 상관관계가 있다고 보고하고 있다. Ivy 등(1981)은 120-300°/sec의 각속도로 % type II의 많은 대상자가 정점 비트는 힘, 일의 양, 파워에서 높은 값을 보이고, 특히 180°/sec의 각 값과 % type II의 상관관계가 높아 가장 근조성의 영향을 반영하고 있는 것으로 보았다. 한편으로 % type I과 정점 비트는 힘에 상관관계는 확인되지 않는 것으로 보는 보고도 있다(Froese and Houston, 1985). 이러한 연구와 같이 신경근전기 자극과 수의적 등척성 운동을 통한 등척성 수축을 일정 기간 실시하면 근력 증가의 효과를 얻을 수 있다.

한편 Thomas 등(1985)은 3주간 전기자극과 등척성 운동을 시행한 결과 등척성운동이 더 근력 증가 효과가 있었다고 하였고, Babkin & Timtsendo(1977)는 5주간 전기자극과 수의 운동을 시행한 결과 수의적 등척성 운동이 더 근력 증가 효과가 있었다고 하였으며, Massey 등(1965)은 9주간 전기자극과 수의 운동을 시행한 결

과 전기자극이 근력을 더 증가시켰다고 보고하는 등 상반된 결과를 보고하였다. 이러한 상반된 견해는 전기자극기간과 관련이 있을 것으로 사료된다. 연구 기간을 4주로 설정한 본 연구에서 전기자극과 등척성운동간에 유의한 차이를 보이지 않았으며 이러한 결과는 처치 기간이 짧았기 때문이라고 사료된다.

## V. 결론

본 연구는 18명의 건강한 W대학교 재학생을 대상으로 하여 대퇴사두근에 각각 전기자극, 등척성운동법을 이용한 두 연구군과 대조군간의 비트는 힘의 양상을 4주간 12회의 연구를 실시한 결과 전기자극군과 등척성운동군에서 대조군보다 정점 비트는 힘이 증가하였다. 사후 검정 결과 3주까지는 근력증가의 효과가 없었으며, 4주 후부터 유의한 근력증가 효과가 있었다. 한편 전기자극군과 등척성운동군 사이의 정점 비트는 힘은 유의한 차이가 없었다. 이와 같은 연구결과는 전기자극과 등척성운동이 고정이나 불용성 위축으로 인한 근약화 시의 근력증가나, 근력 및 지구력 증가와 같은 특수한 목적으로 운동선수들에게 적용할 수 있으며, 신경계 손상환자에게 경련성 완화, 관절운동범위 유지 및 근재교육과 근위축방지에 있어 효과적인 치료방법임을 제시하고 있다.

## 참고문헌

- 윤태식, 전세일, 신정순, 박병권 : 대학축구선수와 일반 대학생의 슬관절 등속성 운동 비교. 대한재활의학회지. 1990;14(2):260-267.
- Babkin D, Timtsenko N. Notes from Kots' lectures and laboratory periods. Canada-Soviet exchange symposium on electro-stimulation of skeletal muscles. Concordia University, Montreal, Quebec, Canada, December. 1977;6-15.
- Baker LL, McNeal DR, Benton LA, Bowman BR, Water RL. NeuroMuscular Electrical Stimulation. A Practical Guide. Rehabilitation Engineering Program, Los Amigos Research & Education Institute, Rancho Los Amigo Medical Center, Downey, CA. 1993;p.34.
- Blackburn TA, Craig E. Knee anatomy: a brief review. Phys Ther. 1980;60(12):1556-1560.
- Currier DP, Lehman J, Lightfoot P. Electrical stimulation in exercise of the quadriceps femoris muscle. Phys Ther. 1979;59(12):1508-1512.
- Delisa Ja. Rehabilitation Medicine: Principles and Practice. Philadelphia, J.B. Lippincott Co. 1988;p.335-363.
- Eriksson E, Haggmark T. Comparison of isometric training and electrical stimulation supplementing isometric muscle training in the recovery after major knee ligament surgery. Am J Sports Med. 1979;7(3):169-171.
- Eriksson E, Haggmark T, Kiessling KH, Karlsson J. Effect of electrical stimulation on human skeletal muscle. Int J Sports Med. 1981;2(1):18-22.
- 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(1):23-31.
- Froese EA, Houston ME. Torque-velocity characteristics and muscle fiber type in human vastus lateralis. J Appl Physiol. 1985;59(2):309-314.
- Halbach JW, Straus D. Comparison of electromyostimulation to isokinetic training in increasing power of the knee extensor mechanism. J Orthop Sports Phys Ther. 1980;2:20-24.
- Hudlicka O, Brown M, Cotter M, Smith M, Vrbova G. The effect of long-term stimulation of fast muscles on their blood flow, metabolism and ability to withstand fatigue. Pflugers Arch. 1977;369(2):141-149.
- Hudlicka O, Tyler KR, Srihari T, Heilig A, Pette D. The effect of different patterns of long-term stimulation on contractile properties and myosin light chains in rabbit fast muscles. Pflugers Arch. 1982;393(2):164-170.

- Ivy JL, Withers RT, Brose G, Maxwell BD, Costill DL. Isokinetic contractile properties of the quadriceps with relation to fiber type. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol*, 1981;47(3):247-255.
- Johnson DH, Thurston P, Ashcroft PJ. The Russian technique of faradism in the treatment of chondromalacia patella. *Physiother Can*, 1977;29:266-268.
- Kots YM. Electrostimulation (Canadian-Soviet exchange symposium on electrostimulation of skeletal muscles, Concordia University, Montreal, Quebec, Canada, December 6-15, 1977). Quoted in: Kramer J, Mendryk SW. Electrical stimulation as a strength improvement technique. *J Orthop Sports Phys Ther*, 1982;4:91-98.
- Kots YM, Xvilon VA. Trenirovka mishechnoj sili metodom elektrostimulatsii: soobschenie 2, trenirovka metodom elektricheskogo razdrazenii mishechi. *Teor Pract Fis Cult*, 1971;4:66-72.
- Laughman RK, Youdas JW, Garrett TR, Chao EY. Strength changes in the normal quadriceps femoris muscle as a result of electrical stimulation. *Phys Ther*, 1983;63(4):494-499.
- Massey BH, Nelson RC, Sharkey BC, Comden T, Otott GC. Effects of high frequency electrical stimulation on the size and strength of skeletal muscle. *J Sports Med Phys Fitness*, 1965;5(3):136-144.
- Romero JA, Sanford TL, Schroeder RV, Fahey TD. The effects of electrical stimulation of normal quadriceps on strength and girth. *Med Sci Sports Exerc*, 1982;14(3):194-197.
- Snyder-Mackler L. Electrical stimulation for Tissue Repair. In : *Clinical Electrophysiology; Electrotherapy and Electrophysiologic Testing*. Snyder-Mackler L and Robinson AJ(Ed), Williams & Wilkins, Baltimore, 1989; 231-244.
- Thomas M, Babara C, et al. Comparison of Isometric Exercise and High Volt Galvanic Stimulation on Quadriceps Femoris Muscle Strength. *Phys Ther*, 1985;65:606-612.
- Thorstensson A, Grimby G, Karlsson J. Force-velocity relations and fiber composition in human knee extensor muscles. *J Appl Physiol*, 1976;40(1):12-16.

