

## 지구력 운동이 급성기 뇌졸중 쥐의 뒷다리근 질량에 미치는 영향

안경주<sup>1)</sup>, 이윤경<sup>2)</sup>, 임지희<sup>2)</sup>, 최스미<sup>3)</sup>, 최명애<sup>3)</sup>

### -Abstract-

Key concept : stroke, endurance exercise, muscle atrophy, diet intake

### Effect of endurance exercise during acute stage on hindlimb muscles of stroke induced rat

An, Gyeong-Ju<sup>1)</sup>, Lee, Yoon-Kyong<sup>2)</sup>, Im, Ji-Hae<sup>2)</sup>, Choi, Smi<sup>3)</sup>, Choe, Myoung-Ae<sup>3)</sup>

The purpose of this study was to identify hindlimb muscle atrophy in stroke induced rat and determine the effect of endurance exercise on body weight, weight of hindlimb muscle during 7 days after stroke induction.

Thirty four male Sprague-Dawley rats with 200-270g body weight were divided into four groups : control, control+exercise(Con+Ex), stroke, and exercise after stroke(St+Ex) group. The control group and Con+Ex group received sham operation and the stroke group and St+Ex group received right MCA occlusion operation by using silicon-coated probe. The Con+Ex and St+Ex groups ran on a treadmill for 20min/day at 10m/min and 10° grade. Daily body weight and diet intake were measured every morning for 7 days. Cerebral infarction of stroke and St+Ex groups were identified by staining with TTC for 30minutes.

The data were analyzed by Kruskal-Wallis test and Mann-Whitney U test using the SPSSWIN 9.0 program.

Body weight of the control group at the 7th day increased by 18.3% significantly from the first day of experiment, that of the stroke group at the 7th day decreased by 6.7% significantly compared to the day of receiving right MCA occlusion operation.

- 1) Doctoral student, College of Nursing, Seoul National University
- 2) Graduate student, College of Nursing, Seoul National University
- 3) Professor, College of Nursing, Seoul National University

Body weight of the Con+Ex group at the 7th day increased by 10.3% significantly from the first day of experiment, that of St+Ex group at the 7th day also increased by 13.4% significantly compared to the day of receiving right MCA occlusion operation. The total amount of diet in stroke group decreased significantly compared to that of St+Ex and that of control group.

In stroke group the wet weight of both sides of soleus, plantaris, and gastrocnemius muscles decreased significantly compared to that of control group. The relative weight of affected(left) plantaris and gastrocnemius muscles decreased significantly compared to that of the control group. The difference between the weight of affected and unaffected soleus, plantaris, and gastrocnemius muscles were not significant in stroke group.

The wet weight of right gastrocnemius muscles in Con+Ex group increased compared to that of control group. The relative weight of right gastrocnemius muscle increased significantly compared to that of the control group.

The wet weight of St+Ex group increased significantly compared to that of the stroke group in both sides of soleus, plantaris, and gastrocnemius muscles. The relative weight of affected plantaris muscle increased significantly compared to that of the stroke group. The difference between the weight of affected and unaffected soleus, plantaris, and gastrocnemius muscles were not significant in St+Ex group.

Body weight and wet weight of soleus, plantaris, and gastrocnemius muscles in the St+Ex group did not recover to the values of control group.

Based on these results, it can be suggested that endurance exercise during acute stage of stroke can reduce muscle atrophy related to denervation, inactivity and undernutrition.

## 1. 서 론

### 1. 연구의 필요성

뇌졸중은 우리 나라의 사망원인 중 단일 질환으로서 1위이며 인구 10만명당 뇌졸중으로 사망하는 사람은 72.9명(남자 69.3명, 여자 76.7명)으로 보고되어 있다(통계청, 1999). 뇌졸중은 사망하지 않는 경우에도 후유증이 나타나며 가장 흔히 나타나는 편마비는 근 위축을 초래하고 일상생활활동에 장애를 줌으로써 삶의 질을 감소시킨다(Sharp & Brouwer, 1997). 최근 뇌졸중 발병 후 초기 몇 개월 이내에 재활이 이루어지고 있으나

아직도 뇌졸중 발병 후 생존자들의 대부분은 많은 장애들을 가지고 있다(Teixeira-Salmela, Olney, Nadeau & Brouwer, 1999).

편마비에 의한 문제 이외에도 뇌졸중의 급성기에 16%의 환자에서 영양결핍이 발생하며(Alexissson, Alund, Notberg & Alafuzoff, 1988), 이는 연하 곤란, 영양소 공급의 부족, 활동 지연 등으로 인해 일어나는 것으로 보고되어 있다(Alexissson, Notberg & Asplund, 1984). 이러한 지속적인 영양결핍은 근육의 단백질을 소모하게 함으로써 근 위축 발생에 영향을 줄 수 있으므로 뇌졸중 발생 후 근 위축은 활동저하는 물론 영양결핍과도 관련이 있다고 볼 수 있다.

뇌졸중 환자의 근 위축 문제는 재활에 있어서

큰 장애로 인식되고 있으나 실제적으로 뇌졸중 환자를 대상으로 근 위축을 규명한 연구들은 미흡하며 더욱이 뇌졸중 환자의 근 위축을 예방하기 위한 방안에 대한 노력도 거의 없는 실정이다. 몇몇 연구에서 뇌졸중 만성기에 있는 환자들을 대상으로 운동을 시행하였으나, 이미 편마비로 인한 근 위축이 상당히 진행된 상태에서 이루어졌기 때문에 뇌졸중 발생전 상태로 회복되기에는 긴 시간이 소요되었고 개인과 사회의 경제적 부담을 증가시켰다고 보고하였다(Teixeira-Salmela 등, 1999).

뇌졸중으로 인해 마비된 경우 활동 부족으로 정상축과 환축 사지 모두에서 근 위축이 발생하리라고 생각되며, 특히 환축은 신경지배의 상실로 근 수축 작용이 결여됨으로써 근 위축의 정도가 더 심할 것으로 가정할 수 있으나 뇌졸중 발생 후 근 위축 유발을 규명한 연구보고가 국내외적으로 거의 없었으며 특히 환축과 정상축 하지의 근 위축 발생을 비교한 연구는 거의 이루어지지 않았다.

입원하여 침상안정을 하는 내과환자들을 대상으로 이루어진 연구에서는 입원 14일째 대퇴사두근의 둘레가 6.9% 저하되었고 하지근력도 29% 저하됨을 보고하였으며(Choe, 1991) 이것은 활동 저하로 인해 항중력근을 구성하는 Type I 근섬유가 더 빨리 감소됨으로써 근 위축이 유발되는 것으로 볼 수 있다(Sandler & Veknikos, 1986).

이에 반해 뇌졸중으로 인한 신경지배 상실과 영양부족은 Type II 근섬유에 선택적인 영향을 주어 근 위축을 유발할 수 있기 때문에 환자들이 고강도의 운동을 수행하기 어렵다는 연구결과(전중선, 신정순, 전세일, 1991)가 제시되어 있으므로 뇌졸중 환자에게 적용할 수 있는 운동은 강도가 낮아야 될 것으로 생각할 수 있다. 또한 활동이 저하된 쥐에 낮은 강도의 운동을 부하시키면 체중부하와 근수축 작용의 증가로 Type I 근섬유는 물론 Type II 근섬유의 위축을 예방할 수 있다는(최명애, 1991; 최명애, 박상철 & 고창순, 1994; 최명애, 지세근, & 김은희, 1995) 연구결과를 토대

로 본 연구에서는 뇌졸중 발생 직후 급성기에 지구력 운동을 부하시켜 뒷다리근인 가자미근(soleus), 족척근(plantaris), 비복근(gastrocnemius)의 질량에 미치는 영향을 규명하여 근 위축이 경감될 수 있는지를 확인해볼 필요성이 증대되었다.

## 2. 연구목적

본 연구는 뇌졸중 발생 후 급성기 동안 뒷다리근에 근 위축이 발생하는지를 확인하고 급성기 7일간의 지구력 운동이 위축근의 근육무게와 상대근 무게에 미치는 영향을 규명하고자 했으며 구체적인 목적은 다음과 같다.

- 1) 뇌졸중 발생 후 정상축과 환축의 가자미근, 족척근 및 비복근의 근육 무게와 상대근 무게가 감소하는지를 규명한다.
- 2) 뇌졸중군에서 정상축과 환축의 가자미근, 족척근 및 비복근의 근육 무게와 상대근 무게에 차이가 있는가를 규명한다.
- 3) 뇌졸중 발생 후 지구력 운동으로 정상축과 환축의 위축 가자미근, 족척근 및 비복근의 근육 무게와 상대근 무게가 증가되는지를 규명한다.
- 4) 뇌졸중 운동군에서 정상축과 환축의 가자미근, 족척근 및 비복근의 근육 무게와 상대근 무게에 차이가 있는가를 규명한다.

## II. 문헌고찰

### 1. 뇌졸중과 근 위축

활동이나 운동의 저하는 골격근 장애를 초래하며 이 장애의 주요 병태생리학적 변화가 근 위축(muscle atrophy)이다. 근 위축은 근세포의 크기가 저하되고 근육의 근원섬유 숫자가 감소하여 골격근 질량이 시간경과에 따라 지수함수적으로 소모되어 나타나며(Faulkner et al, 1980), 단백질 함량(protein content)의 저하 및 근력상실을 포함시켜 설명하고 있다.

뇌졸중이 발생한 환자들은 점차적으로 근섬유의 직경이 감소하고 선택적으로 Type II 근섬유의 위축이 온다(Scelsi, Lotta, Lommi, Poggi & Marchetti, 1984). 이는 뇌졸중으로 인해 활동저하가 초래되어 나타난 것뿐만 아니라 신경지배의 상실(denervation)과도 관련되어 있다. 골격근의 발달과 기능은 중추신경계에서 하위운동뉴런과 완전히 연결되는 것에 따라 이루어지기 때문에, 하위운동뉴런(lower motor neuron)의 신경지배가 상실되면 그 신경이 지배하는 근섬유에 위축이 온다(송계용, 지제근 및 함의근, 1998). 뇌졸중의 경우에 신경지배 상실현상으로 인하여, Type II 근섬유를 지배하는 신경이 기능을 상실하게 되면, 그 신경세포에 의해 지배를 받는 근섬유에 신경지배 상실성 위축이 발생한다. 이렇게 죽은 신경세포대신 주변에 있는 다른 신경세포인 Type I 신경세포에서 말단 필라멘트가 자라나서 위축된 근섬유와 연결되어 재지배를 하면 근섬유가 Type II에서 Type I으로 바뀌게 된다. Scelsi 등(1984)은 일부 하위운동신경이 완전하게 남아 있다면 영양신호(trophic signal)라 불리는 화학적 전달물질을 방출하여 축삭을 발달시켜 신경지배가 상실된 곳으로 자라게 함으로써 신경지배가 상실된 근섬유의 일부를 지배하게 된다고 하였다.

또한 뇌졸중 환자에서 나타나는 신경지배 상실로 인한 근 위축은 차단되는 뇌혈관 부위에 따라 뇌조직의 경색 유발부위가 달라지기 때문에 신체에 미치는 영향도 다양하다. 중뇌동맥(middle cerebral artery, MCA)은 대뇌의 전두엽, 측두엽, 두정엽의 광범위한 부분에 혈류를 공급하며, 피질하부위에 특히 기저핵과 관련되어 있어 허혈시 광범위한 경색을 일으킬 수 있다. 전뇌동맥(anterior cerebral artery, ACA)과 중뇌동맥(MCA)에 병변이 있을 경우, 편마비의 유형 중에 다리보다 팔이 마비되는 경우가 많으나, 대부분의 환자들에게서 다리에만 허약이 나타나는 경우도 있다. 하지에 허약(weakness)이 발생한 63명의 급성 뇌졸중 환자 중 11명에서 중뇌동맥 영역 또는 중뇌동맥과 전뇌동맥 영역에 병변이 있는

것으로 확인되었다( Schnider & Gautier, 1994).

근 위축에 영향을 줄 수 있는 영양결핍 상태는 급성 뇌졸중 환자에서 16%의 빈도로 보고되고 있으며(Alexissson, Alund, Notberg & Alafuzoff, 1988) 만성 뇌졸중 환자에서도 영양결핍은 매우 흔하게 나타나고 이는 연하 곤란, 영양소 공급의 부족, 활동의 지연 등으로 인하여 발생한다(Alexissson, Notberg & Asplund, 1984). 단백질-열량 부족은 신체에서 지속적으로 단백질 또는 지방이 부족한 현상으로 인해 초래되며 경증에서 중증에 이르는 영양결핍 상태를 유발한다. 또한 영양결핍은 신체 세포질량(body cell mass)의 소실로 특징지어진다(Shizgal, 1990). 기아 상태에서 감소하는 단백질의 대부분은 근단백질이 차지(남기용, 1964)하며, 근섬유의 현저한 위축은 단백질-열량부족을 겪는 어린이의 근육(Hasensmith et al, 1979)과 심한 기아 상태를 겪은 성인의 근육(Essen et al, 1981) 등에서 관찰되었다. 이와 같은 현상은 골격근이 가장 중요한 단백질 저장고이며 신체내 단백질과 에너지 대사에 중요한 부위(Goldbdrig & Chang, 1978 ; Anders, Williams 및 Patrick, 1983)이므로 인체가 단백질-열량 결핍 상태에 놓이게 되면 근육의 단백질이 이화되어 신체의 열량 요구량을 충족시키는 보상 기전이 일어나게 됨으로써 나타난다. 그러므로 뇌졸중 환자가 무의식이나 사지마비가 있는 경우 신체의 열량 요구량에 미치지 못하는 영양 섭취를 하게되며 이러한 상태가 장기화될 경우 뇌졸중 환자의 영양섭취 불량으로 근육의 단백질이 신체 대사에 이용되어 결국 근 위축이 초래된다.

## 2. 뇌졸중과 운동

뇌졸중 환자의 체력과 신체 기능을 증진시키기 위한 운동의 중요성은 널리 인식되고 있지만 뇌졸중의 급성기, 아급성기의 운동에 관한 연구보고는 찾아 볼 수 없었다. 현재까지 뇌졸중 환자의 운동에 대한 연구는 주로 발병 후 6개월 이상 경과된 회복기 환자를 대상으로 수행되었다.

Smith 등(1999)은 뇌졸중 환자의 운동으로 안전한 방법이 트레드밀을 이용한 운동이라고 하고 있다. 그들의 연구에 의하면 발병 후 6개월 이상 된 뇌졸중 환자 14명을 대상으로 일주일에 3회씩 3달 동안 트레드밀을 이용하여 저항도 운동을 실시한 결과 슬관절 굴곡근의 근력이 강화되었으며 근력의 강화는 뇌졸중 환자의 운동 기능을 향상시켰다고 보고하였다. Teixeira-Salmela 등(1999)은 뇌졸중 발병 후 9개월 이상이 경과된 뇌졸중 환자들을 대상으로 Cybex II를 이용하여 무릎과 발목 관절의 등속성 운동을 실시하여 하지 주요 근육의 최대 우력(peak torque)이 42.3% 증가되었다고 보고하고 있으며, 운동과 훈련은 경축을 예방하고 신체의 움직임에 필요한 힘을 적절하게 낼 수 있도록 해준다고 하였다. Engardt, Knutsson, Jonsson 및 Sternhag(1995)도 편마비 환자의 슬관절에 등속성 운동을 실시하여 근력의 증가가 있음을 보고하였다.

국내에서 뇌졸중 환자를 대상으로 수행된 연구로 전중선, 신정순 및 전세일(1991)은 편마비 환자들을 대상으로 Cybex 340을 이용하여 슬관절의 등속성 운동을 실시하여 근력, 대퇴둘레, 보행거리 및 기능이 향상됨을 보고하였다. 편마비 환자의 근육에서 Type II 근섬유의 위축이 많으므로 빠른 각속도에서의 등속성 운동과 느린 각속도에서의 등속성 운동을 비교한 결과, 편마비 환자의 운동 수행 능력은 각속도가 느린 등속성 운동에서 더 유의하게 증가하였다. 이러한 결과가 나타난 이유는 Type II 근섬유의 위축으로 편마비 환자들끼리 빠른 속도의 운동을 수행하는 데 어려움이 있기 때문이라고 하였으며 따라서 편마비 환자의 운동은 느린 속도의 운동에서 점차적으로 빠른 속도의 운동을 적용해 주는 것이 바람직하다고 제시하고 있다.

최명애(1999)의 연구에 의하면 28일간 쥐의 뒷다리 부유로 근 위축을 유발시킨 후 4주간의 운동을 시킨 결과 위축된 가자미근의 질량이 증가되었다. 또한 7일 동안 쥐의 뒷다리를 부유하는 동안 낮은 강도의 트레드밀 운동을 실시한 연구

에서 뒷다리 부유로 뒷다리근의 Type I 근섬유 위축은 물론 Type II 근섬유의 위축이 초래되었으며 뒷다리 부유기간 동안에 낮은 강도의 운동을 실시한 결과 Type II 근섬유의 위축을 예방할 수 있었다고 보고하였다(최명애, 박상철 및 고창순, 1994; 최명애, 지제근 및 김은희, 1995).

### III. 연구 방법

#### 1. 연구대상

200~270g의 Sprague-Dawley rats(n=34)을 대상으로 하였으며 동일한 환경에 수용하였고 circadian rhythm을 위해 12시간은 밝고 12시간은 어둡게 하였으며 쥐사료(고형사료)와 물을 마음대로 먹게 하였다.

#### 2. 실험설계

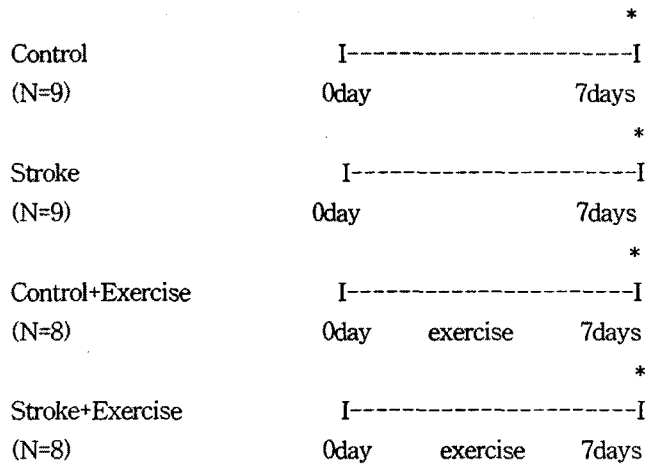
실험동물은 무작위로 대조군, 뇌졸중군, 대조운동군, 뇌졸중운동군으로 나누어 구분하였다. 대조군은 sham 수술을 받은 정상활동군이고, 뇌졸중군은 뇌졸중 유발 수술을 받은 후 정상활동을 한 군이다. 대조운동군은 sham 수술을 받고 7일간 운동을 실시한 군이며 뇌졸중운동군은 뇌졸중 유발 수술을 받은 후 7일간 운동을 실시한 군이다.

네 군 모두 실험 시작일로부터 7일째에 가자미근, 족척근 및 비복근과 뇌를 절제하였다.

#### 3. 실험 방법

##### 1) 뇌졸중 유발 수술(stroke induced operation)

70% N<sub>2</sub>O와 enflurane을 혼합한 마취가스로 전신마취를 하고 쥐의 우측 경동맥을 통해 내경동맥으로 1.8cm nylon 봉합사에 실리콘으로 코팅하여 만든 probe를 삽입하여 2시간 동안 우측 중뇌



\* Muscle dissection & brain section

<Fig 1> Experimental Design

동맥(right middle cerebral artery) 뇌혈류를 폐색 시켜 뇌경색을 유도하였다(Nagasawa, 1989). 2시간 후 probe를 제거하여 다시 뇌혈류 순환을 재개시켰다. 수술 후 30분에 쥐의 상지와 하지의 운동정도(circling)를 관찰하였다.

### 2) Sham 수술(sham operation)

70% N<sub>2</sub>O와 enflurane을 혼합한 마취가스로 전신마취를 하고 쥐의 우측 경동맥을 통해 내경동맥을 절개한 후 뇌혈류를 폐색시키지 않고 다시 재봉합하였다.

### 3) 지구력 운동

운동속도와 경사가 조절될 수 있는 rodent animal treadmill에서 훈련을 실시하였다. 수술 후 1일은 안정을 취하게 한 후 2일째부터 주당 5회 달리도록 했고 분당 10m, 10도 경사, 20분간 1회/일 달리게 하였다.

### 4) 조직 준비

실험 7일째 되는 날에 pentobarbital sodium

(50mg/kg i.p)으로 복강내 주사를 하여 마취시킨 후 양쪽 뒷다리에서 가자미근, 족척근 및 비복근을 절제하고 생리식염수로 rinse시킨 후 지방조직과 결체조직을 신중히 잘라내어 무게를 측정하였다. 절제된 가자미근, 족척근 및 비복근의 절대 무게(absolute weight)를 microbalance (Mettler PE160)에서 측정하고 상대 가자미근 무게, 상대 족척근 및 상대 비복근의 무게는 근육절제직전 체중에 대한 가자미근, 족척근 및 비복근의 근육 무게 비율로 산출하였다.

### 5) 뇌경색 확인

뇌졸중 유발 수술을 한 뇌졸중군과 뇌졸중운동군은 근육조직 절제 후 단두하여 뇌를 적출하고 4mm 두께로 4조각으로 절제하여 TTC 용액에 실온에서 30분간 staining하였다(Bederson et al, 1986). 정상조직인 경우에는 적색으로 염색이 되지만 경색이 일어난 부위에는 염색이 되지 않기 때문에 경색범위를 육안으로 확인하였다.

<Table 1> Pre and post body weight of control, stroke, control plus exercise(Con+Ex), and exercise after stroke induction(St+Ex).

	Prewt.	Postwt	Post/pre(%)
Control(N=9)	241.66 ± 25.46**	285.01 ± 29.36	118.31
Stroke(N=9)	249.02 ± 21.19*	232.24 ± 17.94#+	93.26
Con+Ex(N=8)	253.08 ± 20.57*	279.18 ± 12.22	110.27
St+Ex(N=8)	228.41 ± 23.32*	259.03 ± 24.97	113.40

Values are mean±SD(g) N: Number of animals

Prewt: Body weight at the start of experiment

Postwt: Body weight before dissection

\*\* Significant between prewt and postwt(P<0.01)

\* Significant between prewt and postwt(P<0.05)

+ Significant between Control & Stroke group(P<0.05)

# Significant between Stroke & St+Ex group(P<0.05)

#### 4. 통계처리

각 군의 mean±SD를 계산하고 각 군의 차이는 Kruskal-Wallis test에 의해 검증하였고 두 군 간의 차이는 Mann-Whitney U test를 통해 검증하였다. 통계적 유의성은 p<0.05 수준에서 채택하였다.

### IV. 연구결과

#### 1. 실험시작시 체중과 근육절제 직전의 체중 변화

대조군, 뇌졸중군, 대조운동군, 뇌졸중운동군의 실험시작시의 체중과 근육절제 직전의 체중 변화는 <표 1>에서 보는 바와 같다.

실험 시작시의 체중은 네 군간에 유의한 차이가 없었으며 근육절제 직전의 체중은 네 군간에 유의한 차이가 있었다(P=0.001). 대조군과 뇌졸중군 간에 근육절제 직전의 체중을 비교했을 때 유의한 차이가 있었고(P=0.001) 대조군과 대조운동군 간의 근육절제 직전의 체중은 유의한 차이가 나타나지 않았다. 뇌졸중군과 뇌졸중운동군 간에

근육절제 직전의 체중을 비교한 결과 유의한 차이가 있음을 나타내었고(P=0.036) 대조군과 뇌졸중운동군 간의 근육절제 직전의 체중에서는 유의한 차이가 나타나지 않았다.

각 군에서 실험시작시의 체중과 근육절제 직전의 체중을 비교해보았을 때 대조군은 18.3%, 대조운동군은 10.3%, 뇌졸중운동군은 13.4% 유의하게 증가하였지만 뇌졸중군은 6.7% 유의하게 감소하였다.

#### 2. 뇌졸중 발생이 뒷다리근의 근육 무게에 미치는 영향

뇌졸중 발생이 뒷다리근의 근육 무게에 미치는 영향은 <표 2>에서 보는 바와 같다. 우측 중뇌동맥 폐색으로 뇌졸중을 유발했기 때문에 쥐의 뒷다리에서 좌측이 신경지배 상실의 일어난 환측 부위가 되고 우측은 영향을 받지 않은 정상 부위가 된다.

뇌졸중군의 정상측인 우측과 환측인 좌측 가자미근의 근육 무게는 뇌졸중군이 대조군에 비해 유의하게 감소하였다(P=0.001, P=0.002). 뇌졸중군의 정상측인 우측과 환측인 좌측 족척근의 근육

<Table 2> Wet weight of hindlimb muscles in control, stroke, control plus exercise(Con+Ex), and exercise after stroke induction(St+Ex).

	Soleus		Plantaris		Gastrocnemius	
	Rt(unaffected)	Lt(affected)	Rt(unaffected)	Lt(affected)	Rt(unaffected)	Lt(affected)
Control(n=9)	115.66±11.32	108.33±12.45	231.00±34.86	219.22±21.53	1186.88±112.22	1243.44±163.95
Stroke(n=9)	83.33±16.78*	88.00±9.98*	165.66±28.19*	161.77±27.12*	956.44±85.10*	893.77±96.93*
Con+Ex(n=8)	100.00±10.62+	108.75±14.88	245.12±46.48	237.37±32.16	1403.62±86.83+	1236.87±294.20
St+Ex(n=8)	100.62±12.90#	105.62±13.84#	223.00±31.55#	219.87±19.94#	1204.75±201.99#	1207.87±217.36#

Values are mean±SD(mg) N: Number of animals

\* Significant between Control & Stroke group (P<0.05)

+ Significant between Control & Con+Ex group

# Significant between Stroke & St+Ex group

무게가 뇌졸중 군이 대조군에 비해 유의하게 감소하였다(P=0.001, P=0.001). 뇌졸중군의 정상측인 우측과 환측인 좌측 비복근의 무게는 뇌졸중군이 대조군에 비해 유의하게 감소하였다(P=0.001, P=0.001).

### 3. 뇌졸중 발생이 정상측인 우측과 환측인 좌측 뒷다리근의 근육 무게에 미치는 영향

뇌졸중군에서 신경지배 상실이 발생한 좌측과 정상측인 우측 간에 가자미근, 족척근 및 비복근의 근육 무게에 차이가 있는가를 분석한 결과는 <표 2>에서 보는 바와 같이 정상인 우측 가자미근, 족척근, 비복근 근육 무게와 환측인 좌측 가자미근, 족척근, 비복근의 근육 무게에 유의한 차이가 없었다.

뇌졸중군에서 신경지배 상실이 발생한 좌측과 신경지배 상실의 영향을 받지 않은 우측 간에 가자미근, 족척근 및 비복근의 상대근 무게에 차이가 있는가를 분석한 결과는 <표 3>에서 보는 바와 같이 정상측인 우측 가자미근의 상대근 무게와 환측인 좌측 가자미근의 상대근 무게의 차이는 유의하지 않았고, 족척근의 상대근 무게는 환측인 좌측이 정상측인 우측에 비해 감소하는 경향이었으며 비복근의 상대근 무게는 환측인 좌측

이 정상측인 우측에 비해 유의하게 감소되었다(P=0.038).

### 4. 뇌졸중 발생이 뒷다리근의 상대근 무게에 미치는 영향

뇌졸중 발생이 뒷다리근의 상대근 무게에 미치는 영향은 <표 3>에 요약되어 있다.

뇌졸중군에서 정상측인 우측 가자미근과 환측인 좌측 가자미근의 상대근 무게는 대조군에 비해 유의한 차이가 없는 것으로 나타났다. 뇌졸중군의 정상측인 우측 족척근의 상대근 무게는 대조군과 차이가 없었고, 환측인 좌측 족척근의 상대근 무게는 대조군에 비해 유의하게 감소하였다(P=0.031). 뇌졸중군의 정상측인 우측 비복근의 상대근 무게는 대조군과 차이가 없었고, 환측인 좌측 비복근의 상대근 무게는 뇌졸중군이 대조군에 비해 유의하게 감소하였다(P=0.031).

### 5. 뇌졸중 발생 후 지구력 운동이 뒷다리근의 근육 무게에 미치는 영향

Sham 수술을 받은 후 7일간 지구력 운동을 실시한 대조운동군과 우측 중뇌동맥 폐색수술을 받



<Table 3> Relative weight of hindlimb muscles in control, stroke, control plus exercise(Con+Ex), and exercise after stroke induction(St+Ex).

	Soleus		Plantaris		Gastrocnemius	
	Rt(unaffected)	Lt(affected)	Rt(unaffected)	Lt(affected)	Rt(unaffected)	Lt(affected)
Control(n=9)	0.39±0.07	0.38±0.04	0.82±0.10	0.79±0.06	4.24±0.36	4.45±0.47
Stroke(n=9)	0.37±0.07	0.37±0.04	0.76±0.17	0.65±0.12*	4.24±0.45	3.93±0.45*
Con+Ex(n=8)	0.36±0.05	0.39±0.05	0.88±0.17	0.85±0.10	5.02±0.36+	4.44±1.09
St+Ex(n=8)	0.39±0.06	0.41±0.04	0.87±0.25	0.85±0.06#	4.56±0.85	4.52±0.98

Values are mean±SD(mg/g) N: Number of animals

\* Significant between Control & Stroke group (P<0.05)

+ Significant between Control & Con+Ex group

# Significant between Stroke & St+Ex group

고 7일간 지구력운동을 실시한 뇌졸중운동군의 가자미근, 족척근, 비복근 근육 무게가 <표 2>에 제시되어 있다.

대조운동군의 우측 가자미근 무게는 대조군에 비해 유의한 저하를 나타냈으며(P=0.011), 좌측 가자미근은 대조군과 유의한 차이가 없었다. 대조운동군의 우측 족척근과 좌측 족척근 무게는 대조군에 비해 유의한 차이가 없었으며, 대조운동군의 좌측 비복근 무게는 대조군에 비해 유의한 차이가 없었고 대조운동군의 우측 비복근 무게는 대조군에 비해 유의하게 증가했다(p=0.002).

뇌졸중운동군의 정상측인 우측 가자미근 무게는 뇌졸중군보다 유의하게 증가하였고(P=0.021) 정상치로 회복하였으며(P=0.015), 뇌졸중운동군의 환측인 좌측 가자미근 무게는 뇌졸중군보다 유의하게 증가되었으나(P=0.021) 정상치로 회복하지 못하였다. 뇌졸중운동군의 정상측인 우측 족척근과 환측인 좌측 족척근 무게는 뇌졸중군에 비해 유의하게 증가하였으나(P=0.002, P=0.001). 정상치로 회복하지 못하였다. 뇌졸중운동군의 정상측인 우측 비복근과 좌측 비복근 무게도 뇌졸중군에 비해 유의하게 증가하였으나(P=0.006, P=0.001) 정상치로 회복하지는 못하였다.

## 6. 뇌졸중 발생 후 지구력 운동이 우측과 좌측 뒷다리근의 근육 무게에 미치는 영향

뇌졸중운동군에서 정상측인 우측과 환측인 좌측 가자미근, 족척근, 비복근의 근육 무게에 차이가 있는가를 분석한 결과는 <표 2>에 제시된 바와 같이 정상측인 우측의 가자미근, 족척근, 비복근 무게는 환측인 좌측 가자미근, 족척근, 비복근 무게와 유의한 차이가 없었다.

뇌졸중운동군의 정상측인 우측과 환측인 좌측 간에 가자미근, 족척근 및 비복근의 상대근 무게에 차이가 있는가를 분석한 결과는 <표 3>에 제시된 바와 같이 정상측인 우측 가자미근, 족척근, 비복근과 환측인 좌측 가자미근, 족척근, 비복근의 상대근 무게가 유의한 차이가 없는 것으로 나타났다.

## 7. 뇌졸중 유발 후 지구력 운동이 뒷다리근의 상대근 무게에 미치는 영향

뇌졸중 유발 후 지구력 운동이 뒷다리근의 상대근 무게에 미치는 영향은 <표 3>에 요약되어 있다.

<Table 4> Total amount of diet intake and weight gain during experimental period

	Total diet intake	Weight gain
Control(n=9)	147.66±25.06	43.34±16.90
Stroke(n=9)	101.56±39.53*#	-26.22±22.11*#
Con+Ex(n=8)	160.62±21.91	26.10±14.64
St+Ex(n=8)	152.71±16.55	31.47±10.17

Values are mean±SD(g) N: Number of animals

\* Significant between Control & Stroke group (P<0.05)

# Significant between Stroke & St+Ex group

대조운동군의 우측 가자미근 상대근과 좌측 가자미근 상대근 무게는 대조군에 비해 유의한 차이가 없었다. 대조운동군과 대조군의 우측 족척근의 상대근 무게와 좌측 족척근의 상대근 무게는 대조군에 비해 유의한 차이가 나타나지 않았다. 대조운동군의 우측 비복근 상대근 무게는 대조군에 비해 유의하게 증가했으며(P=0.001), 대조운동군과 대조군의 좌측 비복근 상대근 무게는 유의한 차이를 보이지 않았다.

뇌졸중운동군의 정상측인 우측 가자미근의 상대근과 환측인 좌측 가자미근의 상대근 무게는 뇌졸중군에 비해 유의한 차이가 없었다. 뇌졸중운동군의 정상측인 우측 족척근의 상대근 무게는 뇌졸중군에 비해 유의한 차이가 없었고, 뇌졸중운동군의 환측인 좌측 족척근 상대근 무게는 뇌졸중군보다 유의한 증가를 나타냈다(P=0.002). 뇌졸중운동군의 정상측인 우측 비복근과 환측인 좌측 비복근의 상대근 무게는 뇌졸중군에 비해 유의한 차이가 없는 것으로 나타났다.

## 8. 실험기간중 총사료섭취량과 체중의 변화

실험기간 7일 동안 대조군의 총사료섭취량은 평균 147.66g이었고 뇌졸중군은 평균 101.56g으로 대조군에 비해 유의한 감소를 나타내었다(P=0.005). 뇌졸중운동군의 사료섭취량은 152.71g으로 나타나 뇌졸중군의 섭취량과 비교했을 때 유의하게

증가했다(P=0.004).

실험기간 7일 동안의 체중증가는 근육과 뇌를 절제하기 직전의 체중에서 수술 직전의 체중을 뺀 차이로 보았으며 <표 4>에 제시되어 있는 바와 같이 대조군은 체중증가가 43.34g으로 네 군 중 가장 많은 증가를 보였으며 이와 대조적으로 뇌졸중군은 26.22g 감소를 보였고 대조군과 뇌졸중군 간의 체중변화는 통계적으로 유의한 차이가 있었다(P=0.001). 뇌졸중운동군은 31.47g이 증가한 것으로 나타나 뇌졸중군과 비교했을 때 유의한 차이를 나타내었다(P=0.001).

## V. 논 의

본 연구에서 실험시작 7일 후 뇌졸중군의 체중이 대조군에 비해 유의하게 감소되었으며 이러한 결과는 뇌졸중군의 식이 섭취량이 급격히 감소됨으로써 초래된 것으로 생각된다.

뇌졸중군의 정상측인 우측 가자미근, 족척근, 비복근의 근육 무게가 감소되었고, 환측인 좌측 가자미근, 족척근, 비복근의 근육 무게도 감소된 것으로 나타났으며, 환측인 좌측 족척근 상대근 무게와 비복근 상대근 무게가 감소된 것으로 나타난 결과에 따라 환측 뒷다리근육은 물론 정상측 뒷다리근육의 무게도 유의하게 저하되었음을 알 수 있었다. 또한 뇌졸중군의 식이 섭취량이 대조군에 비해 유의하게 저하된 것으로 나타났으

므로 뇌졸중 급성기에 영양결핍(Alexissson 등, 1988)으로 인한 단백질과 열량 섭취의 저하로 근육의 단백질이 신체대사에 이용되어(Goldberg 등, 1978; Anders 등, 1983) 체중저하와 근육질량 감소에 영향을 주었으리라 생각된다. 단백질 섭취 결핍이 단백질 합성을 저해하고 단백질 분해를 증가시키는 것으로 알려져 있으므로(Goldberg & Chang, 1978) 본 연구에서 식이 섭취량이 현저히 감소한 뇌졸중군에서 근육질량의 감소가 유발되었음을 알 수 있었다. 그리고 이러한 영양결핍은 신체 허약을 유발시켜 결국 활동에 지장을 초래하기 때문에 활동저하로 이어지게 되며, 활동저하는 단백질 이화호르몬에 대한 근육의 감수성을 증대시키기 때문에 단백질 분해를 증가시키고 단백질 합성을 저하시킴으로써 근 위축의 원인으로 작용했다고 볼 수 있다(Goldberg & Hormone, 1969).

뇌졸중군의 상대근 무게에서는 정상측인 우측 가자미근이 5.4%, 족척근은 7.8%, 비복근은 변화가 없었고 환측인 좌측 가자미근은 2.74%, 족척근은 21.53% 감소하였고 비복근도 13.23% 감소하였다. 이와 같이 환측인 좌측의 족척근과 비복근이 주로 영향을 받은 것으로 나타난 것은 비록 본 연구에서 근섬유 type별 단면적을 측정하지 않았지만 두 근육이 주로 Type II 근섬유로 이루어진 Type II 근육으로 뇌졸중과 영양결핍시에 주로 영향을 받는 근육이 Type II 근육이라는 사실이 재입증되었다. McLoughlin(2000)은 단백질 결핍에 의한 근 위축은 지근섬유(Type I)보다 속근섬유(Type II)에 더 영향을 준다고 하였으며 이러한 연구보고는 본 연구결과와 부합되었고 활동저하에 의한 영향을 많이 받는 Type I 근육인 가자미근보다 Type II 근육인 족척근과 비복근의 상대근 무게 감소 정도가 더 큰 것으로 나타났으므로 본 연구에서 뇌졸중으로 유발된 근 위축은 활동저하보다는 영양결핍으로 인한 결과라고 볼 수 있다.

뇌졸중군과 뇌졸중운동군에서 환측과 정상측의 뒷다리근 근육 무게에서 차이가 유의하지 않은

것은 환측에서 나타나리라고 예상했던 신경지배 상실에 의한 영향이 본 연구에서 나타나지 않은 것으로 볼 수 있다. 환측인 좌측의 경우 뇌졸중으로 인한 신경지배의 상실로 근수축 작용이 결여됨으로써 정상측인 우측에 비해 근 위축 정도가 심할 것으로 가정할 수 있지만 본 연구결과에서는 신경지배 상실로 인한 근 위축의 변화는 찾기 어려웠다. 이러한 결과에 비추어 볼 때 뇌졸중이 발생한 지 7일 안에 신경지배 상실의 영향으로 근 위축이 나타나기에는 시간이 이른다는 것으로 생각할 수 있으며 오히려 뇌졸중 급성기에는 영양결핍의 영향을 더 많이 받는 것으로 해석할 수 있다. 그러므로 영양결핍에 의해 허약해져서 활동을 하지 못한 것에 의한 영향으로 정상측과 환측의 근육 무게에 차이가 없게 나타난 것으로 이해된다.

본 연구 결과, 지구력 운동을 시행한 뇌졸중운동군의 체중이 뇌졸중군에 비해 유의하게 증가하였고, 정상측과 환측 가자미근, 족척근, 비복근의 무게를 유의하게 증가시켰으며, 좌측 족척근 상대근 무게도 유의하게 증가시켰다. 이는 뇌졸중운동군의 식이 섭취량이 뇌졸중군에 비해 증가한 것으로 나타난 결과를 토대로 지구력 운동의 효과가 식이 섭취량 증가에 영향을 주었으리라 생각할 수 있다. 운동이 식이 섭취량에 미치는 영향에 관해서는 아직 논란 중이나 Scheurink 등(1999)은 쥐를 대상으로 좌식생활을 하는 대조군에 비해 운동군의 식이 섭취량이 130% 증가했다는 연구보고를 하였다. Blundell과 King(1999)은 신체활동이 식욕에 미치는 영향에 관해 마른 체중, 과체중, 비만인 성인을 대상으로 조사한 결과 19%에서 운동 후 식욕이 증가되었고 65%에서는 변화가 없었으며 16%에서는 식욕이 감퇴되었는데, 이것은 활동 정도와 높은 상관관계를 가지고 있어 높은 강도의 활동을 하면 체중이 감소함을 보고하였다. 또 운동강도가 낮은 활동은 허기(hunger)를 증가시켜 식욕(drive to eat)을 촉진시키지만 최대산소섭취량의 60%가 넘는 격렬한 운동은 오히려 식욕을 억제한다고 하였다(Blundell & King,

2000). 이와 같은 선행연구 결과에 비추어 볼 때 본 연구에서 적용한 지구력 운동은 운동강도가 낮았기 때문에 식이 섭취량을 증가시킨 것으로 이해될 수 있다. 또한 지구력 운동을 부하시킴으로써 체중부하와 근수축을 발생시키기 때문에 기계적 활동이 아미노산 이동을 직접 증가시키고 단백질 분해를 저하시켜(Goldberg 등, 1975) 골격근 수축성 단백질의 유지 및 재생을 증진시킴으로써 근 위축을 경감시키는 데 효과가 있었다고 해석할 수 있다.

본 연구에서 뇌졸중운동군이 뇌졸중군에 비해 뒷다리근 무게가 증가되었으나 정상치로 회복되지 못했던 결과는 운동이 정상동물에서 근질량의 상실을 완전하게 막지 못했으나 경감시킬 수 있었다는 최 등(1997)의 연구결과와 일치한다.

그러나 본 연구가 뇌졸중운동군과 뇌졸중군간의 뇌경색 크기에 차이가 있는지 미확인된 상태에서 이루어졌기 때문에 지구력 운동 외에 뇌경색 크기가 어떠한 영향을 미쳤는지를 본 연구결과만으로는 알 수 없으므로 뇌경색 크기에 따라 지구력 운동의 효과에 차이가 있는지에 관해 추후 연구해야 할 것으로 생각한다.

## VI. 결 론

최근 증가하고 있는 뇌졸중의 발병률은 환자에게 많은 건강문제들을 남기고 있으며 이중 재활에 있어서 가장 커다란 문제로 인식되고 있는 것이 근 위축으로 인한 활동 장애와 근력 약화이다. 이러한 문제를 해결하기 위해 뇌졸중 발생 직후 급성기에 지구력 운동을 실시하는 것이 뒷다리근 질량에 어떠한 영향을 미치는지를 규명하기 위해 200~270g의 Sprague-Dawley rats를 대조군, 뇌졸중군, 대조운동군, 뇌졸중운동군으로 구분하여 뇌졸중군과 뇌졸중운동군은 우측 중뇌동맥을 2시간 동안 폐색시키는 수술을 하여 뇌졸중을 유발시켰고, 대조군과 대조운동군은 우측 중뇌동맥을 폐색시키지 않고 봉합하는 sham 수술을 하였다.

대조군과 뇌졸중군은 실험기간 중 자유롭게 활동하도록 했고 대조운동군과 뇌졸중운동군은 1일 1회 20분간 10m/분의 속도로 트레드밀 운동을 7일간 실시하여 다음과 같은 결과를 얻었다.

대조군, 대조운동군, 뇌졸중운동군의 체중은 유의하게 증가하였으나 뇌졸중군의 체중은 유의하게 감소되었으며, 뇌졸중군의 실험기간 동안 섭취한 총사료량을 대조군과 비교한 결과 유의하게 적었다. 뇌졸중군은 대조군에 비해 체중, 양측 가자미근, 족척근, 비복근의 무게가 유의하게 감소되어 있었고 뇌졸중군과 뇌졸중운동군에서 신경 지배 상실이 발생한 환측인 좌측과 정상측인 우측의 뒷다리근 근육 무게에 유의한 차이가 없었다.

대조운동군은 대조군에 비해 우측 비복근 근육 무게와 우측 비복근 상대근 무게에서 유의하게 증가하였다. 뇌졸중운동군은 뇌졸중군에 비해 양측 가자미근, 족척근, 비복근 근육 무게가 유의하게 증가하였다.

이상의 결과를 토대로 뇌졸중 발생시 급성기에 영양결핍으로 근위축이 유발되며, 뇌졸중 발생 직후 급성기 동안 낮은 강도의 운동으로 식이 섭취량을 증가시켜 위축 뒷다리근의 질량과 체중을 증가시킬 수 있을 것으로 생각한다.

## 간호학적 적용

본 연구 결과를 통해 뇌졸중 발생시 급성기에도 낮은 강도의 지구력 운동을 실시함으로써 근 위축을 경감시킬 수 있다는 점에서 뇌졸중 유발 후 입원한 환자들에게 낮은 강도의 운동을 적용할 수 있을 것으로 본다.

이상과 같은 동물실험 결과, 지구력운동이 뇌졸중 쥐의 위축근 질량을 증가시킬 수 있다는 점을 감안하면 뇌졸중 환자에서도 위축근의 질량을 증가시킬 수 있을 것으로 추정되므로 앞으로 이에 대한 임상실험연구가 필요하다고 생각한다.

## 참고문헌

- 남기용 (1964). 흰쥐에 있어서 굶주린 때의 산소소비량, 몸무게, 신체밀도, 조직단백 함유량의 변화. 서울의대잡지, 5 (1), 9-16.
- 대한병리학회 (1998). 병리학. 고문사, 제3판. 서울.
- 송계용, 지제근, 함의근.(1998). 핵심 병리학. 고려의학, 제1판. 서울
- 전중선, 신정순, 전세일 (1991). 편마비 환자의 등속성 운동치료의 효과. 대한재활의학회지, 15(1), 57-66.
- 최명애 (1991). 운동이 쥐의 위축가자미근의 질량과 상대근 무게에 미치는 영향. 대한간호학회지, 21(3), 281-294.
- 최명애, 박상철, 고창순 (1994). 주기적인 낮은 강도의 운동부하가 뒷다리부유쥐의 type I, type II 근육에 미치는 영향. 대한스포츠의학회지, 12(1), 182-186.
- 최명애, 지제근, 김은희 (1995). 간헐적인 낮은 강도, 짧은기간의 운동부하가 뒷다리 부유쥐의 type II 근육에 미치는 영향. 대한간호학회지, 25(2), 193-209.
- 최명애, 최정안, 신기수 (1997). Dexamethasone 투여기간 중의 규칙적인 운동이 어린 쥐의 체중, 뒷다리근 및 부신무게에 미치는 영향. 대한간호학회지, 27(3), 510-519.
- Alexsson K., Norberg A., Asplund K. (1984). Eating after a stroke : Towards an integrated view. *Int J Nurs Stud*, 21, 93-99.
- Alexsson K., Asplund K., Norberg A., Alafuzoff I. (1988). Nutritional status in patients with acute stroke. *Acta Medica Scandinavica*, 224, 217-224.
- Bistrian, B.R, Blackburn, G.L., Vitale, J., Cochran, D. & Naylor, J.(1976). Prevalence of malnutrition in general medical patients. *JAMA*, 235(15), 1567-1570
- Blundell, J. E. & King, N. A.(1999). Physical activity and regulation of food intake: current evidence. *Med Sci Sports Exerc*, 31(11 Suppl): S573-583.
- Blundell, J. E. & King, N. A.(2000). Exercise, appetite control, and energy balance. *Nutrition*, 16(7), 519-522.
- Booth, F. W. & Seider, M. J.(1980). Recovery of skeletal muscle. *Journal of Applied Physiology*, 52(5), 1113-1118.
- Choe, M. A.(1991). Changes in skinfold thickness, circumference and muscle strength of extremities of hospitalized patients. *The Seoul Journal of Nursing*, 5(1), 23-34.
- Davalso, A., Richard, W., Gonzalez-huix, F. (1996). Effect of malnutrition after stroke on clinical outcome. *Stroke*, 27, 1028-1032.
- Essen B. L., Fohlin C., Thoren B., Saltin (1981). Skeletal muscle fiber types and sizes in anorexia nervosa patients. *Clinical Physiology*, 1, 395-403.
- Golberg A. L., Chang T. W. (1978). Regulation and significance of aminoacid metabolism in skeletal muscle. *Federation Proceedings*, 37, 2301-2307
- Engardt M., Knutsson E., Jonsson M., Stenhag M. (1995). Dynamic muscle strength training in stroke patients : Effects on knee extension torque, electromyographic activity and motor. *Archivements Physical and Medical Rehabilitation*, 67, 419-425.
- Faulkner, J. A., Niemege, J. H., Maxwell, L. C. & White, T. P.(1980). Contractile properties of

- transplanted extensor digitorum longus muscle of the cat. *Journal of Applied Physiology*, 28, C120-126.
- Goldberg, A. L. & Hormone, M. C.(1969). Relationship between cortisone and muscle work in determining muscle size. *Journal of Physiology. Lond.* 200, 667-665.
- Goldberg, A. L., Martel, S. M. & Kushmerick, M. M.(1975). In vitro preparation of the diaphragm and other skeletal muscles. *Methodenzymology: Hormones and cyclic nucleotides*. Eds. B. W. O. Malley and J. G. Hard-man, Academic, New York.
- Hansen-smith F. M., Picou D., Golden M. H. (1979). Growth of muscle fibers during recovery from severe malnutrition in Japanese infants. *The British Journal of Nutrition*, 41, 275-282
- McWhirter J.P. & Pennington C.R.(1994). Incidence and recognition of malnutrition in hospital, *B.M.J*, 308, 945-948
- Sandler, H. & Vernicos, J.(1986). *Inactivity: Physiological effects*, Academic Press, Inc. Orlando.
- Scelsi, R., Lotta, G., Lommi, P. & Marchetti, C.(1984). Hemiplegic atrophy. *Acta Neuropathology(Berl)*, 62, 324-331.
- Scheurink, A. J., Ammar, A. A., Benthem, B., van Dijk, G., & Sodersten, P. A.(1999). Exercise and the regulation of energy intake. *Int J Obes Relat Metab Disoed*, 23, Suppl 3: 2-6.
- Schnider R., Gautier J. D. (1994). Leg weakness due to stroke: site of lesions, weakness patterns and causes. *Brain*, 117. 347-354.
- Sharp S. A. & Brouwer B. J. (1997). Isokinetic strength training of the hemiparetic knee: Effects on function an spasticity. *Archievements Physical and Medical Rehabilitation*, 78. 1231-1236.
- Shizgal H. M. (1990). Validation of the measurement of body composition from whole body bioelectric impedance. *Infusion Therapy* 17(suppl 3), 67-74.
- Smith G. V., Silver K. H. C., Golberg A. P., Macko R. F. (1999). Task-oriented exercise improves hamstring strength and spastic reflexes in chronic stroke patients. *Stroke*. 30, 2112-2118.
- Teixeira-Salmela L. F., Olney S. J., Nadeau S., Brouwer B. (1999). Muscle strengthening and physical conditioning to reduce impairment and disability in chronic stroke survivors. *Archievements Physical and Medical Rehabilitation*, 80, 1211-1218.