

주요개념 : 운동, 위축가자미근, 상대근 무게

운동이 쥐의 위축가자미근의 질량과 상대근 무게에 미치는 영향

최 명 애*

I. 서 론

1. 연구의 필요성

질병이나 손상에 의해 전혀 활동을 못하거나 활동이 제한된 경우 인체의 모든 기관계통에서 불평형 (disequilibrium) 상태를 초래한다. 비활동 (inactivity) 이나 활동저하의 결과로 인한 장애를 불용성 중후군 (disuse syndrome) 이라 하며 골격근위축 (Dock, 1944) 피로의 증가 (Roberts and Smith, 1989), 골격근 수축시간의 변화, 혈장과 혈량의 상실, 체위성 저혈압 (Sandler et al, 1988), 무기폐 (Dock, 1944 ; Greenleaf et al, 1977), 욕창 등으로 나타난다.

침상안정, 비활동, 사지와 체간부의 석고붕대적용, 질병이나 신경절단에 의한 신경지배의 상실 등으로 근육사용이 저하된 경우 골격근질량이 상실되며, 1-2개월간 근육사용이 저하되면 근육의 크기가 반으로 줄어든다 (Sandler and Vernikos, 1986)

비활동의 모델로서 뒷다리 부유모형을 이용한 연구에서 하지의 체중부하근육 특히 가자미근의 질량이 빠른 속도로 상실됨이 보고되었다 (Feller et al, 1981 ; Musacchia et al, 1981)

입원이라는 상황에서 체중부하저하와 근육수축활동

의 저하는 불가피하다. 최 (1991) 의 보고에 의하면 입원 기간동안 주로 침상안정을 하였던 내과환자들의 하퇴둘레가 입원 3일째부터 대퇴둘레가 입원 7일째부터 각각 3.25%, 6.94% 감소하였고 하지근력은 입원후 14일째 입원당일에 비해 29.09% 저하되었다. 이러한 결과는 입원에 의한 활동저하로 하지근에 위축이 초래되었음을 제시하고 있다. Balaya 등 (1975) 은 30일간 침상안정을 하는 동안 사지골근 및 신근의 근전도 변화를 연구한 결과 30일간의 침상안정후 전기적 활동이 1/2로 줄었고 대퇴둘레가 유의하게 저하되었음을 보고하였다. 이러한 변화는 근육질량과 기능의 상실을 시사하고 있다.

미국 보건생정통계 (health and vital statistics) 에 의하면 급만성질환이나 손상에 의해 일인당 14.2일의 활동제한이 있는 것으로 추산했다. 골격근질량과 수축성 단백질의 주요상실이 활동저하 첫 3일에서 13일동안 발생하며 (Booth, 1977) 이시간이 활동제한의 평균날짜와 일치하므로 거의 모든 환자집단은 활동저하에 의한 골격근 위축발생의 위협에 처해있다고 볼수 있다. 또한 입원환자의 경우 급성적인 문제해결에 중점을 두어 치료와 간호를 하게 되고 체중부하저하와 활동저하에 의해 초래되는 문제는 거의 관심밖의일로 간주되고 있는 실정이므로 골격근위축의 발생가능성이 더욱크다고 볼수 있다. 그러므로 장기간입원후 퇴원한 환자들은 기능회

*서울대학교 의과대학 간호학과

복시간이 지연되어 정상생활로 복귀하는 시기가 늦어지는 문제에 직면하게 된다.

따라서 이러한 문제를 해결하는 방안으로 골격근위축의 회복을 증진시키는 간호계획과 중재가 절실하게 요구된다고 생각한다.

근위축의 예방을 연구한 선행연구에서 보면 장기간 낮은 강도로 treadmill running을 하게하거나(Desplanches et al, 1987 ; Graham et al, 1989 ; Thomason et al, 1987)근육을 피동적으로 신전시키는 방법(Fell et al, 1985 ; Loughna et al, 1986)이 뒷다리부유시 초래되는 위축을 최소화시키는데 특히 가자미근에서 유익하다는 것을 제시하였으며 Goldberg(미발표)는 treadmill running에 의해 가자미근(soleus)과 족척근(plan-taris)의 질량이 증가하였음을 보고하였다.

이상의 실험적근거를 토대로 정상활동이상으로 근육에 자극을 주면 위축골격근의 회복을 증진시킬수 있으리라는 가정하에 침상안정후 회복기의 운동이 위축가자미근의 질량과 상대 가자미근무게에 미치는 영향을 밝히고자 한다.

신체활동의 증진과 자기간호(self care) 활동을 유지시켜주는 것이 간호의 주요한 기능중의 하나이다라는 관점에서 볼때, 퇴원환자들의 기능회복시간을 단축시켜 빠른시일내에 정상생활로 복귀하도록 하는 간호중재로 운동을 이용하는 것에 대한 실험적근거를 제공하기 위해 본 연구의 필요성이 절실하다고 본다.

본연구에서 동물모형을 이용한것은 인간에서는 특정 근육을 절제하여 질량을 측정하는 것이 불가능하기 때문이다.

2. 연구목적

본연구는 28일간의 활동저하에 의해 가자미근에 위축이 유발되는 가를 확인하고 회복기 28일에 걸쳐 실시한 운동이 위축가자미근의 질량과 상대가자미근무게에 미치는 영향을 규명하고자하며 구체적인 목적은 다음과 같다.

1. 28일간의 뒷다리부유로 가자미근질량과 상대가자미근무게가 감소되는가를 분석한다.
2. 회복기 28일에 훈련군과 비훈련군에서 뒷다리부유에 의한 위축가자미근의 질량과 상대가자미근 무게가 대조치로 회복되는가를 분석한다.
3. 회복기 28일에 훈련군과 비훈련군간에 가자미근질

량과 상대가자미근 무게에 차이가 있는가를 분석한다.

3. 용어의 정의

근위축(muscle atrophy) : 근원섬유(myofibrils)의 단백질 상실에 의한 근육질량의 감소

뒷다리부유(hindlimb suspension) : 침상안정동안 발생하는 것과 같은 운동저하상태를 모방하기 위해 개발된 모형

회복기 : 트레드밀(treadmill)에서 달리거나 정상활동(cage sedentary)으로 회복하는 뒷다리부유후 기간

상대근무게(relative muscle weight) : 체중에대한 근육무게의 비율로서 mg/g으로 나타낸다.

II. 문헌고찰

골격근기능은 정상적인 고유 수용성감각작용, 운동신경지배(motor innervation), 기계적부하와 관절운동에 의해 좌우된다(Burke and Edgerton, 1975 ; Fell et al, 1985 ; Finol et al, 1981 ; Fishback and Robbins, 1969 ; Salvatori et al, 1989) 만약이들 요인중 하나가 변화되면 근육은 새로운 기능수준(functional setpoint)에 적응(adaptation)한다.

활동(movement)이나 체중부하가 저하되면 골격근은 단백질분해를 증가시키고 단백질합성을 줄여서 골격근질량을 줄여 적응(adaptation)하며 (Booth and Seider, 1979 ; Tucker et al, 1981) 활동이 저하된지 72시간후 단백질분해 과정에 의해 근섬유의 크기가 14~17% 저하되었고(Booth, 1982 ; Lindboe and Platou, 1984) 활동저하 첫주에 골격근용적이 25~30%저하되었다(Nicks et al, 1989).

사지석고봉대적용(Booth, 1982) 관절부동(Maier et al, 1976) 뒷다리부유(Alford et al, 1987 ; Desplanches et al, 1987 ; Musacchia et al, 1980 ; Reiser et al, 1987 ; Winiarski et al 1987 ; Kasper et al, 1990) 등과 같은 실험모형이 골격근위축을 유발한다. 이 모형중 뒷다리 부유는 어떤길이로 사지를 고정시키지 않고 사지를 체중부하 없이 움직이도록 허용하므로 질병기간 동안 침상안정을 해야하는 환자의 체중부하없는 상태와 운동정도가 거의 유사한것으로 간주하여 침상안정에 의해 골격근에 초래되는 변화를 관찰하기에 적합한 모형

으로 알려져 있다.

쥐의 뒷다리를 부유시켜 근육에 가해지는 부하를 1~5주간 저하시킨후 족저굴근(plantar flexor muscle)의 질량나 근섬유횡단면적이 유의하게 저하되었음을 보고하였다(Desplanches et al, 1987 ; Musacchia et al, 1980 ; Templeton et al, 1984 ; Templeton et al, 1988 ; Winiarski et al, 1987).

비활동(inactivity)에 의해 항중력근이 다른 골격근에 비해 근력이 크게 저하하며 (Dietrick et al, 1984 ; Rozier et al, 1979) 침상안정동안 하지의 항중력근이 주로 영향을 받는다(Sandler and Vernikos, 1986) 활동저하 모형(hypokinetic model)에서 하지의 체중부하근육 특히 가자미근의 질량이 빠르게 상실된다. 활동저하후 3일에 근육질량이 7%저하되었고 5일에 20%(Feller et al, 1981) 7일에 35%, 14일에 45% 저하되었으며 (Musacchia et al, 1981), 42일에 55%가 저하되었다 (Herbison et al, 1978).

자세근육(항중력근)은 주로 지근(slow-twitch muscle)으로서 서서히 수축하는 산화근섬유(oxidative fiber, Type I)로 구성되어있으며 빠르게 수축하는 근섬유(Type II)로 구성된 속근(fast-twitch muscle)에 비해 더 큰범위로 위축이 오는것으로 보고되었다 (Booth and Seider, 1980 ; Bruce-Gregorios et al, 1984 ; Sargeant, 1977 ; Witzman et al, 1982).

쥐에서 사지부동동안 근육대 수분비율이 변화하지 않았으므로 근육의 질량은 단백분해속도의 증가와 단백질합성속도의 감소에 의한 결과이다(Goldspink, 1977).

활동저하에 의한 근육질량의 상실은 근육단백이화작용에 의한 음성질소균형(negative nitrogen balance)과 연관됨을 규명하였고(Musacchia et al, 1983) 부동근육에서 근원섬유 단백질농도(myofibrillar protein concentration)가 저하되었음을 보고하였다(Jokl and Konstadt, 1983 ; Maier et al, 1976).

근육조직은 다른조직과 같이 단백질합성속도(rate)와 단백질분해속도의 균형에 의해 정상으로 유지된다. 부동(immobilization), 비활동(inactivity)은 근육작용과 근육에 가해지는 부하 둘다를 저하시켜 수축성 단백질의 합성을 저하시키고 단백질분해를 증가시켜 위축과정이 진행된다.

상대근(relative muscle weight)무게는 단백질균형을 간접적으로 측정하는 것이므로 뒷다리 부유의 효과를 나타낼수 있다. 뒷다리 부유가 상대근 무게를 저하시

키며 근육의 형태, 동물의 연령, 뒷다리 부유기간 등의 요인이 상대근무게 변화의 크기에 영향을 미칠수 있으나 음식물 섭취량은 영향을 미치지 않는다. 하루에 섭취하는 음식물의 양이 뒷다리부유군에 비해 대조군이 많았다(Hauschka et al, 1988 ; Herbert et al, 1988) 이와같은 음식물섭취량의 차이는 절대근무게를 잘못 변화시킬 수 있으나 상대근무게는 체중에 대한 절대근육무게의 비율이므로 음식물 섭취의 차이를 조절할 수 있다. 그러므로 상대근 무게의 변화정도는 음식물섭취량에 의한 차이가 아니라 뒷다리 부유에 의한 효과를 나타낸다.

정상골격근에 있어 적당한 강도, 기간, 빈도의 훈련(physical conditioning)에 의해 근세포의 비후(hypertrophy), 근력증가, 유산소 대사(aerobic metabolism)의 능력증가, 지구력증진이 초래된다(Sandler and Vernikos, 1986).

비활동으로 변화되는 변수에 대한 운동의 효과가 증명되었으므로 운동이 비활동에서 회복하는 골격근에 미치는 영향이 연구되어 왔으며, 뒷다리 부유시 발생하는 변화가 운동에 의해 저지된다고 하였다(Saltin and Gollnick, 1983).

뒷다리 부유에 의한 위축을 최소화시키기 위해 장기간 낮은 강도로 treadmill running을 하게 하거나 (Desplanches, et al, 1987 ; Graham et al, 1989 ; Thomson et al, 1987)근육을 피동적으로 신전시키는 방법 (Fell et al, 1985 ; Loughna et al, 1986)이 이용되어 왔다.

5주간의 뒷다리부유후 1분에 30m속도로 1일 180분 1주에 5일간 8주에 걸쳐 훈련시킨결과 가자미근의 Type I fiber 가 100% 증가되었고 Type I, II fibers의 횡단면적이 대조치로 회복되었음을 밝혔으며(Desplanches et al, 1987) 19°경사의 treadmill에서 1분에 5m속도로 매 6시간마다 10분동안 걷게하여 1주간의 뒷다리 부유에 의해 저하된 가자미근질량과 근섬유크기를 50%까지 증가시켰음을 입증하였다(Hauschka et al, 1988).

1일 2-4시간의 체중지지(ground support)활동과 1분에 20m속도로 1일 1.5시간 30°경사의 오르막을 달리는 활동(uphill running activity)이 4주간의 뒷다리 부유동안 초래된 가자미근 위축과 slow myosin상실에 미치는 영향을 관찰한 결과 두가지 활동군 모두에서 가자미근무게, 근원섬유단백질과 상대적, 절대적 slow myo-

sin isoform content 등의 감소를 저하시켰음을 보고하였다(Thomason et al, 1987) 꼬리에 추를달아 grid를 오르게 하는 활동이 뒷다리 부유쥐의 가자미근무게, 상대가자미근무게, 최대장력을 유의하게 증가 시켰으며 근조직 1g당 정상단백 농도와 장력을 유지시켰음을 증명하였고(Herbert et al, 1988) 비활동적인 가자미근을 신전시킨결과 RNA합량과 단백질합성속도가 증가하였음을 보고하였다(Loughna et al, 1986).

Ⅲ. 연구 방법

1. 연구대상

실험동물로 Adult female Wistar rats(N=35, 100-120 days old, 체중=277.89±25.23g)를 사용하였고 성장에 의한 변화를 최소화 시키기위해 성인쥐(adult rats)를 택하였다.

대조군과 실험군을 동일한 환경에 수용하였고 circadian rhythm을 위해 12시간은 밝고 12시간은 어둡

게 하였으며 쥐사료(고형사료)와 물을 마음대로 먹게 하였다.

2. 실험설계(그림 1)

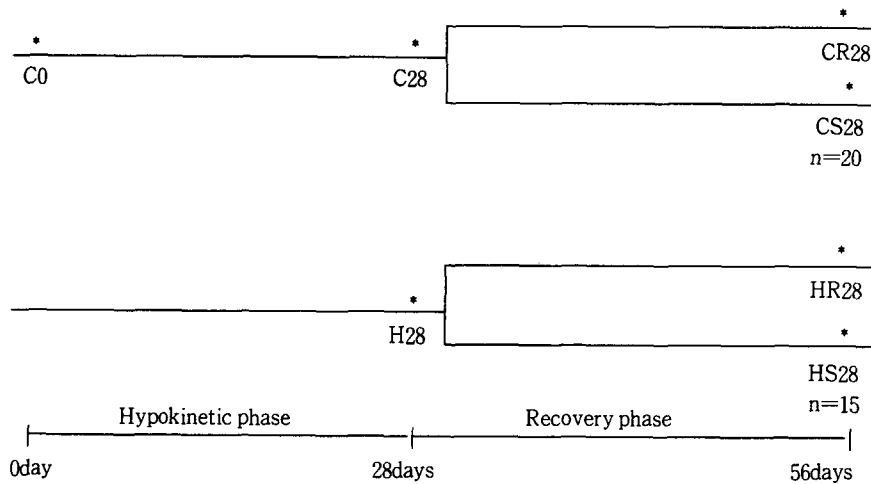
실험동물은 무작위로 다음과 같이 대조군 4군, 활동저하군 3군으로 구분하였다. 대조군은 뒷다리를 부유하지 않은 정상적으로 활동을 했던군이며 활동저하군(hypokinetic group)은 뒷다리를 부유했던 군이다.

1) 대조군

- ① 0일 대조군, C0
- ② 28일 대조군, C28
- ③ 28일간의 정상활동(cage sedentary)후 4주 훈련군, CR28
- ④ 28일간의 정상활동후 4주비훈련군, CS28

2) 활동저하군

- ⑤ 28일간의 뒷다리부유군, H28
- ⑥ 28일간의 뒷다리 부유후 4주훈련군, HR28
- ⑦ 28일간의 뒷다리 부유후 4주비훈련군, HS28



C=control
H=hypokinetic
R=runner
*=sacrifice point(n=5)

- | | |
|--|---|
| C0 : Control(0 day) | H28 : Hypokinesia(28days) |
| C28 : Sedentary control(28days) | HS28 : Hypokinesia(28days) followed by sedentary recovery(28days) |
| C28 : Sedentary control(28days) followed by sedentary recovery(28days) | HR28 : Hypokinesia(28days) followed by exercise training(28days) |
| CR28 : Sedentary control(28days) followed by exercise training(28days) | |

Fig 1. Experimental design.

28일간의 정상활동을 시작할 당시의 가자미근의 질량을 알기위해 0일 대조군을 설정하였으며 28일간 뒷다리를 부유했던 활동저하군(H28)의 대조군은 28일간 정상활동을 실시했다(C28).

28일간 뒷다리를 부유했 후 회복기에 4주에 걸쳐 운동을 실시하였거나(HR28) 정상활동을 하였으며(HS28) 이의 대조군은 28일간 정상활동후 회복기에 4주에 걸쳐 운동을 실시하였거나(CR28) 정상활동을 하였다(CS28).

0일대조군은 0일에, 28일 정상활동군은 정상활동한지 28일째, 회복기 대조군은 28일간 정상활동후 4주에 걸쳐 운동을 실시하였거나 정상활동한지 4주 마지막날에 가자미근을 절제하였고 활동저하군은 28일간 뒷다리 부유후 4주에 걸쳐 운동을 실시하였거나 정상활동한지

4주 마지막날 가자미근을 절제하였다.

3. 실험방법

1) 뒷다리 부유(hindlimb suspension)에 의한 근육 위축유발

Morey-Holton과 Wronski(1981)에 의해 개발되었고 Sweeney 등(1984)이 변형시킨 활동저하방법을 이용하여 근육축을 유발시켰다. 이모형에서 꼬리부유장치(tail suspension device)를 꼬리의 근위1/2부위에 다음과 같은 방법으로 적용하였다. 꼬리를 공기건조기(air blower)로 말리며 75% 에틸알콜(ethyl alcohol)로 닦고 건조시킨후 benzoin tincture를 분무시켜 다시 공기로 건조시켰다. 피부견인테이프(skin traction tape)을

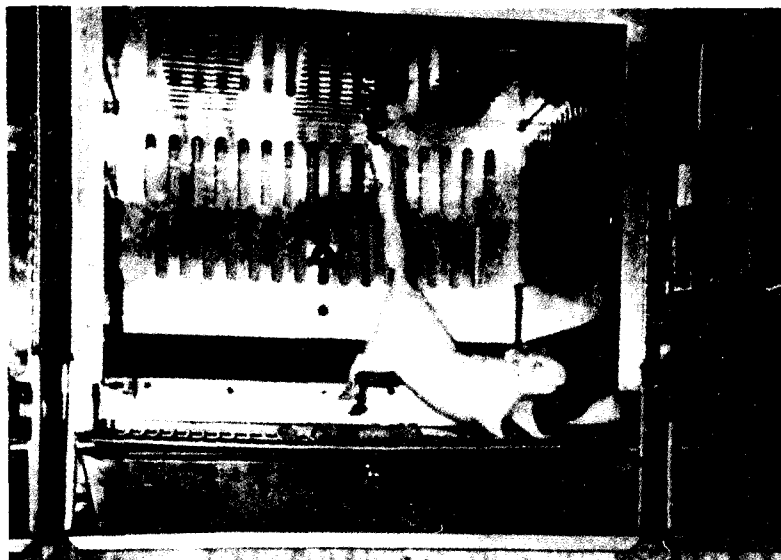


Fig 2. Hindlimb suspension model. This model prevents hindlimb weight bearing resulting in the production of skeletal muscle atrophy.

꼬리를 덮을 수 있는 쪽으로 잘라 꼬리에 부착시킨후 스톡니넷(stockinette)으로 감싸고 반창고로 고정시켰다. 꼬리에 부착시킨테일의 중간에 고리를 넣고 이고리에 안전핀을 찌른후 cage천정에 장치한 회전고리(swivel hook)에 연결시켰다.

쥐의 뒷다리가 약간 상승되도록 하는 높이로 고정시켜 뒷다리가 cage바닥에 닿지 않도록 하였으며 앞다리는 자유롭게 움직이도록 하였다(그림 2) 앞다리를 자유롭게 움직일 수 있어 스스로 먹고 마실 수 있었다.

식습관과 음습관에 의한 증거로볼때 이러한 형태의 뒷다리부유(hindlimb suspension)가 동물에 가하는 긴장(stress)을 최소로 한다(Sweeney et al, 1984)

이 방법은 비침투적(non invasive)이며 침상안정이 체중부하근육에 미치는 효과를 모방하고 있어 이방법에 의해 초래되는 변화는 뒷다리에 체중부하가 없고 뒷다리 사용이 제한되어 초래되는 결과라고 할 수 있다. 즉 침상안정을 하는 사람에 있어 체중부하 결여정도와 운동제한의 정도가 거의 유사하다고 볼수 있다.

뒷다리 부유동안 매일 쥐를 관찰하여 비정상적인 호흡형태, 부당한 불편감, 꼬리에 색깔변화가 있는가를 사정하였다.

활동저하모형에서 가자미근질량이 활동저하 2주째에 45%(Musacchia et al, 1981) 6주째에 55%가 저하되었으므로(Herbison et al, 1988) 활동저하기간이 4주이면

가자미근질량이 충분히 저하될 수 있으리라고 생각되어 본 연구에서 활동저하기간을 4주로 정하였다.

2) 회복기 훈련

달리는(runing)속도와 경사가 조절될수 있는 Quinton 10-stall rodent treadmill에서 훈련을 실시하였다. Consolazio등(1963)과 Dudley등(1982)이 이용하였던 훈련방법을 본 연구에 적용시켰고 훈련내용은 대조군과 활동저하군에서 동일했다.

대조군은 28일간의 정상활동후에 그 다음날부터, 활동저하군은 28일간 뒷다리를 부유한후 그 다음날부터 4주에 걸쳐 운동을 실시하였다.

활동저하후 훈련기간을 4주로 정한것은 Kasper 등(1982,1990)의 연구에서 가자미근 평균횡단면적이 운동훈련군에서 회복기28일에 대조치로 회복되었기 때문이다.

훈련내용은 다음과 같다.

주당 5회 달리도록 했고 분당 15m, 0%경사(grade), 10분간 달리는 것으로 시작하여 1일에 분당 1m씩 계단식으로 증가시켜 5일에 3%씩 증가하는 방식으로 4주말에는 분당 34m속도, 13.5%경사로 60분동안 달리게 했으며 대조훈련군(CR28)과 활동저하 훈련군(HR28)에게 실시하였던 훈련 protocol은 표1과 같다.

<Table 1> The treadmill training protocol used for animals in the control runner group and in the hypokinetic runner group

| Time | Meters/ Minute | % Grade | Minutes/ Day |
|---------------|----------------|---------|--------------|
| Week 1 | | | |
| Day 1 | 15 | 0 | 10 |
| 2 | 16 | 0 | 15 |
| 3 | 17 | 1.5 | 20 |
| 4 | 18 | 1.5 | 25 |
| 5 | 19 | 3.0 | 30 |
| Week 2 | | | |
| Day 1 | 20 | 3.0 | 35 |
| 2 | 21 | 4.5 | 40 |
| 3 | 22 | 4.5 | 45 |
| 4 | 23 | 6.0 | 50 |
| 5 | 24 | 6.0 | 55 |
| Week 3 | | | |
| Day 1 | 25 | 7.5 | 60 |
| 2 | 26 | 7.5 | 60 |
| 3 | 27 | 9.0 | 60 |

| Time | Meters/ Minute | % Grade | Minutes/ Day |
|---------------|----------------|---------|--------------|
| 4 | 28 | 9.0 | 60 |
| 5 | 29 | 10.5 | 60 |
| Week 4 | | | |
| Day 1 | 30 | 10.5 | 60 |
| 2 | 31 | 12.0 | 60 |
| 3 | 32 | 12.0 | 60 |
| 4 | 33 | 13.5 | 60 |
| 5 | 34 | 13.5 | 60 |

3) 가자미근절제와 질량측정

각군의 동물을 sodium pentobarbital(4mg/100g 체중)을 복강내에 주사하여 마취시킨후 가자미근을 절제하였고 절제된 가자미근의 젖은무게(wet weight)를 microbalance(Mettler PE 160)에서 측정하였으며 상대가자미근 무게는 근육절제직전 체중에 대한 가자미근의 절대무게 비율로 산출했다.

4. 통계분석

각군에서 측정된 체중, 가자미근 질량과 상대가자미근 무게를 평균과 표준편차로 나타내었다. 각군의 차이

를 Kruskal-Wallis test에 의해 검증하였으며 두군간의 차이를 검증하기 위해 Mann-Whitney U test를 실시하였다. 통계적유의성은 P<0.05 수준에서 채택하였다.

IV. 연구결과

1. 뒷다리부유전 체중과 부유후 체중의 변화

뒷다리부유전체중과 부유후체중의 변화는 표2에서 보는 바와 같다. 대조군과 뒷다리부유군간에 실험시작시 체중에 차이

<Table 2> Pre and post weight of control and hypokinetic group

| | Control | Hypokinesia | Mann-Whitney U test | |
|-----------|-------------|---------------|---------------------|-------|
| | n | 5 | U | P |
| Prewt(g) | 289.72±9.53 | 264.10±20.79 | 4.0 | 0.095 |
| Postwt(g) | 333.0±32.82 | 266.04±18.21* | 0.0 | 0.008 |
| Post/pre | 1.14±0.12 | 1.01±0.06 | | |

Values are M±SD

n : number of animals

Prewt : body weight at the start of experiment

Postwt : body weight after 28 days

* Significantly different from control value(P<0.01)

가 없음을 검증하기 위해 Mann-Whitney U test를 한 결과 두군간에 차이가 없는것으로 나타났다.

28일간의 뒷다리부유후 체중이 266.04±18.21g으로 대조군의 체중 333.0±32.82g에 비해 유의하게 작았다(P<0.01).

대조군은 실험시작시부터 28일 경과후의 체중이 14.94% 증가하였고 뒷다리 부유군은 부유전에 비해 부유후에 체중이 0.73%증가 하였다.

2. 뒷다리부유가 가자미근 질량과 상대가자미근무게에 미치는 영향

28일간의 뒷다리부유가 가자미근질량과 상대가자미근무게에 미치는 영향은 표3에 요약된 바와 같다.

가자미근질량은 0일대조군이 130.0±12.25mg, 28일 대조군이 135.0±15.0mg, 28일 뒷다리부유군이 69.0±5.48mg으로 뒷다리부유군의 가자미근질량은 0일대

<Table 3> Effect of hypokinesia on soleus muscle mass and relative soleus muscle weight

| | Control | | Hindlimb suspension | Kruskal-Wallis test | | Mann-Whitney U test | | | |
|------------------------|-------------|-------------|---------------------|-------------------------|-------|---------------------|-------|--------|-------|
| | 0 day(C0) | 28days(C28) | 28days(H28) | Chi-square significance | | C28-H28 | | C0-H28 | |
| n | 5 | 5 | 5 | | | U | P | U | P |
| Soleus wt (mg) | 130.0±12.25 | 135.0±15.0 | 69.0±5.48*+ | 9.50 | 0.009 | 0.0 | 0.008 | 0.0 | 0.008 |
| Soleus wt/postwt(mg/g) | 0.49±0.05 | 0.41±0.08 | 0.26±0.03*+ | 10.82 | 0.005 | 0.0 | 0.008 | 0.0 | 0.008 |

Values are M ± SD

* Significantly different from C0 value (P<0.01)

+ Significantly different from C28 value (P<0.01)

조군의 53.08%, 28일대조군의 51.11%로 유의하게 작았다(P<0.01).

상대가자미근무게는 0일대조군이 0.49±0.05mg/g, 28일대조군이 0.41±0.08mg/g, 뒷다리부유군이 0.26±0.03mg/g으로 뒷다리부유군의 상대가자미근무게는 0일대조군의 53.06%, 28일대조군의 63.41%로 유의하게 작은것으로 나타났다(P<0.01).

3. 회복기 실험군의 실험시작시의 체중과 회복기말체중

회복기 실험군의 실험시작시의 체중과 회복기말 체중은 표4에서 보는바와 같이 실험시작시의 체중은 28일간 정상활동후 4주간의 비훈련군과 훈련군이 각각 255.78±8.31g, 299.26±18.82g이었고 28일간 뒷다리 부유후 4주간의 비훈련군과 훈련군이 각각 310.60±24.

<Table 4> Pre and postweight of control and hypokinetic recovery group

| | Control | 28-Day control recovery | | 28-Day hypokinetic recovery | | Kruskal-Wallis test | | Mann-Whitney Utest | | | |
|-----------|--------------|-------------------------|----------------|-----------------------------|----------------|-------------------------|-------|--------------------|-------|-----------|-------|
| | | Sedentary (CS28) | Trained (CR28) | Sedentary (HS28) | Trained (HR28) | Chi-square significance | | CS28-HS28 | | CR28-HR28 | |
| n | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | | | U | P | U | P |
| Prewt(g) | 289.72±9.53 | 255.78±8.31 | 299.26±18.82 | 310.60±24.89 | 260.70±11.44 | 5.551 | 0.136 | | | | |
| Postwt(g) | 333.10±32.82 | 277.72±10.94 | 333.0±24.64 | 324.30±34.18* | 293.46±17.13+ | 12.106 | 0.007 | 0.5 | 0.008 | 2.0 | 0.032 |
| Post/pre | 1.15±0.12 | 1.09±0.44 | 1.10±0.02 | 1.04±0.05 | 1.13±0.06 | | | | | | |

Values are M ± SD

Prewt : body weight at the start of experiment

Postwt : body weight immediately before muscle dissection

* Significantly different from CS28 value (P<0.01)

+ Significantly different from CR28 value (P<0.05)

89g, 260.70±11.44g 이었으며 회복기 각군의 체중은 대조군의 체중과 차이가 없었고 회복기 각군간의 체중에도 차이가 없었다.

회복기말 각군의 체중은 정상활동후 비훈련군과 훈련군이 각각 277.72±10.94g, 333.0±24.64g이었으며 뒷다리 부유후 비훈련군과 훈련군이 각각 324.30±34.18g, 293.46±17.13g이었고 이들체중은 대조군의 체중과 차이가 없었다.

뒷다리부유후 비훈련군의 회복기말체중이 정상활동후 비훈련군에 비해 유의하게 컸으며(P<0.01) 뒷다리 부유후 훈련군의 회복기말체중이 정상활동후 훈련군에

비해 유의하게 작았고(P<0.05) 뒷다리부유후 훈련군과 비훈련군간에 회복기말체중의 차이는 없었다.

정상활동후 비훈련군은 회복기말에 체중이 8.58%, 훈련군은 10.31%, 뒷다리부유후 비훈련군은 4.41%, 뒷다리부유후 훈련군은 12.57%증가하였다.

4. 뒷다리부유후 훈련과 비훈련이 가자미근질량과 상대가자미근무게에 미치는 영향

뒷다리부유후 훈련과 비훈련이 가자미근질량과 상대가자미근무게에 미치는 영향은 표5와 같다.

정상활동후 비훈련군과 훈련군의 가자미근질량은 각각 $137.0 \pm 14.83\text{mg}$, $140.0 \pm 14.14\text{mg}$ 이었고 뒷다리부유후 비훈련군과 훈련군의 가자미근질량은 각각 $122.0 \pm 13.04\text{mg}$, $130.0 \pm 9.35\text{mg}$ 으로 대조군의 가자미근질량과 유의한 차이를 보이지 않았다. 즉 회복기 28일에 비훈련군과 훈련군의 가자미근 질량이 정상치로 회복되었다.

뒷다리부유후 훈련군의 가자미근질량이 비훈련군에 비해 6.56%였으나 유의한 차이를 나타내지 않았다.

상대가자미근 무게는 정상활동후 비훈련군과 훈련군이 각각 $0.42 \pm 0.04\text{mg/g}$, $0.50 \pm 0.04\text{mg/g}$ 이었고 뒷

다리부유후 비훈련군과 훈련군이 각각 $0.38 \pm 0.02\text{mg/g}$, $0.44 \pm 0.03\text{mg/g}$ 으로 뒷다리부유후 훈련군의 상대가자미근 무게는 회복기 28일에 대조치로 회복되었으나 비훈련군의 상대가자미근무게는 정상치로 회복되지 않았다. 훈련군의 상대가자미근무게가 비훈련군에 비해 15.79%였고 이는 유의한 차이를 나타냈다.

정상활동후 훈련군의 가자미근질량이 대조군에 비해 3.7%였으나 유의한 차이는 없었고 상대가자미근무게는 대조군에 비해 유의하게 컸으며 비훈련군에 비해서는 19.05%였으나 유의한 차이는 보여주지 않았다.

<Table 5> Effect of exercise on soleus muscle mass and relative soleus muscle weight

| | 28-Day control recovery | | | 28-Day hypokinetic recovery | | Kruskal-Wallis test Chi-square significance | Mann-Whitney Utest | | | |
|------------------------------|-------------------------|---------------------|-------------------|-----------------------------|-------------------|--|--------------------|-----|-----------|-----------|
| | Control | Sedentary (CS28) | Trained (CR28) | Sedentary (HS28) | Trained (HR28) | | Control-HS28 | | HS28-HR28 | |
| n | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | | U | P | U | P |
| Soleus wt(g) | 135.0 ± 15.0 | 137.0 ± 14.83 | 140.0 ± 14.14 | 122.0 ± 13.04 | 130.0 ± 9.35 | 4.460 | 0.216 | | | |
| Soleus wt / postwt (mg/g) | 0.41 ± 0.07 | 0.42 ± 0.04 | $0.50 \pm 0.04^*$ | $0.38 \pm 0.02^*$ | $0.44 \pm 0.03^+$ | 13.01 | 0.005 | 0.0 | 0.008 | 1.0 0.016 |

Values are M ± SD

* Significantly different from control value (P<0.01)

+ Significantly different from HS28 value (P<0.05)

V. 고 찰

28일간의 뒷다리부유후 체중이 대조군에 비해 유의하게 작았다. 이러한 결과는 뒷다리 부유시에 25.62g의 차이가 있었고 활동이 자유롭지 못해서 오는 식습관의 변화에 의한 것으로 생각된다.

뒷다리 부유후 체중이 뒷다리부유시에 비해 0.73% 증가 되었는데 이는 Musacchia등(1980)의 활동이 저하된지 3일동안 체중이 급격하게 저하했고 이후 체중이 2.8g의 비율로 증가했다는 보고와 비교할때 체중이 증가하는 경향은 일치하나 본 연구의 체중증가는 28일간의 뒷다리부유후 1.9g증가하는 정도이었다.

활동저하로 인해 가자미근의 질량이 대조군의 53.8%, 상대가자미근 무게는 대조군의 51.11%로 현저하게 감소하였으므로 28일간의 활동저하로 근위축이 유발되었음을 보여주고 있다. 이러한 결과는 활동저하에 의해 가자미근 질량이 감소하였다는 Musacchia등(1983), Kasper등(1982), Templeton등(1984)의 보고

와, 뒷다리부유후 상대가자미근무게가 감소하였다는 Hauschka등(1988), Herbert등(1988)의 보고와 일치하고 있다.

이와같이 활동저하에 의해 하지의 체중부하근육 특히 가자미근의 질량이 저하된 것은 단백질합성의 저하와 단백질분해의 속도가 증가되어 초래된 것으로(Appell, 1986; Henneman et al, 1965; Morey-Holton and Wronski, 1981; Goldspink, 1977) 생각된다. Booth(1977)와 Szóór등(1977)은 근육의 수분비율이 쥐에서 사지부동동안 변하지 않는다고 보고했으므로 근육의 무게가 단백질합량의 유효한지수(valid index)라는 것을 나타낸다.

근육질량의 상실은 근육단백의 이화작용에 의한 음성 질소 균형의 발생과 연관되며(Musacchia et al, 1983) 활동수준이 변화된후 단백질합성의 변화는 골격근의 RNA함량변화와도 상관이 있는(Watson, 1984; Tucker et al, 1981)것으로 추정될 수 있다.

가자미근에서 주로많은 slow twitch fibers가 체중부

하동안 먼저 동원(recruit)되며 수축빈도의 변화에 아주 민감한 긴장성 활동 형태(tonic activity pattern)를 지니므로(Appell, 1986; Henneman et al, 1965; Morey-Holton and Wronski, 1981) 이들 근육의 체중 부하 역할이 뒷다리 부유동안 유의하게 변화되어 가자미근의 질량감소가 초래되었음을 제시하고 있다.

뒷다리 부유후 회복기 28일에 훈련군의 가자미근 질량과 상대가자미근 무게가 대조치와 유의한 차이가 없었고, 뒷다리 부유후 비훈련군의 상대가자미근무게가 대조군에 비해 유의하게 작았으므로 운동훈련에 의해 회복기 28일에 가자미근질량이 회복되었음을 시사하고 있다.

회복기 28일에 뒷다리 부유후 훈련군이 비훈련군에 비해 가자미근 질량이 컸으나 유의한 차이는 없었고 상대가자미근 무게가 유의하게 컸으므로 정상활동이상으로 근육에 반복적인 부하(stress)를 가하는 것이 위축근의 질량을 증가시킨 것으로 볼수있으며 운동에 의해 자세근의 운동뉴런의 동원(recruitment)빈도가 커짐으로써 단백질 상실을 막아(Fell et al, 1985) 위축근의 질량회복이 증진된 것으로 생각된다.

트레드밀(treadmill)에서 운동시켜 가자미근과 족척근의 무게가 증가했다(Goldberg, unpublished observation)는 관찰이 훈련군의 상대가자미근 질량이 비훈련군에 비해 컸다는 본연구의 결과를 뒷받침하는 것으로 생각된다. 이러한 결과는 근육활동자체가 아미노산이동을 직접증진시키고 단백질분해를 저하시켜(Goldberg et al, 1975) 근육질량을 증가시킨 것으로 해석될 수 있다.

정상훈련군의 상대가자미근 무게가 대조치에 비해 유의하게 큰 결과는 운동훈련에 의한 근세포의 비후(hypertrophy)로 설명될 수 있다. 운동이 위축근의 회복을 증진시켰다는 본 연구의 결과는 체중지지와 운동이 뒷다리부유시 초래된 가자미근질량, 근원섬유단백질의 감소를 줄였다는 Thomason 등(1987)의 보고, 운동에 의해 뒷다리 부유쥐의 가자미근질량과 상대가자미근 무게를 유의하게 증가시켰다는 Loughna 등(1986)의 보고와 거의 일치하고 있다.

이러한 사실을 바탕으로 운동이 활동저하에 의한 위축근 회복을 증진시킬 수 있는 방안이 될수 있으리라고 생각한다.

운동이 위축근의 회복을 증진시키는 것은 특수아미노산을 측정하는 능력이 비후가자미근에서 크고 (Gold-

berg and Goodman, 1969), 지속적으로 활동적인 근육은 그렇지 않은 근육에 비해 빠르게 AIB(α -aminobutyric acid)를 축적하는(Goldberg, 1967) 것이 근육무게를 증가시킨 것으로 생각되며 활동저하시 단백질이화호르몬(catabolic hormone)에 대한 근육의 감수성이 크고 활동은 이 호르몬에 대한 감수성을 낮출수 있으며(Goldberg and Goodman, 1969) 수축활동이 단백질분해를 억제하여(Fulks et al, 1975) 근육무게를 증가시킨 것으로 생각된다.

이렇게 본다면 근육활동이 아미노산이동을 증진시켜 근육무게를 증가시키거나 단백질분해를 저하시켜 근육무게를 증가시키는 것으로(Goldberg et al, 1975) 설명될 수 있다.

본 실험결과와 고찰을 토대로 정상활동이상의 근육활동에 의해 쥐의 위축근의 질량회복을 증진시킬 수 있으리라고 생각한다.

이상과같이 운동이 쥐의 위축근의 질량을 증가시킬 수 있다는 점을 감안하면 인간에 있어서도 운동이 위축근의 질량을 증가시킬 수 있을 것이라고 추정되므로 장기간의 침상안정으로 활동이 저하된 환자를 대상으로 운동이 위축하지근의 회복을 증진시키는지에 대한 임상 실험연구가 필요하다고 본다.

VI. 결 론

뒷다리부유에 의한 활동저하로 가자미근에 위축이 유발되었음을 확인한 후 위축근의 질량과 상대근무게가 회복기 28일에 대조치로 회복되는가를 관찰하고 회복기의 운동훈련이 위축근의 질량과 상대근무게에 미치는 영향을 규명하기 위해 female adult Wistar rat의 뒷다리를 28일간 부유시킨 후 이어 28일간 정상활동을 시키거나 운동훈련을 시킨 후 가자미근 질량과 상대가자미근 무게가 대조치로 회복되었는가를 분석하고 회복기 28일에 훈련군과 비훈련군간에 가자미근질량과 상대가자미근무게에 차이가 있는가를 분석하여 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 28일간의 뒷다리부유에 의한 활동저하로 가자미근 질량과 상대가자미근무게가 각각 53.08%, 51.11% 감소되었다.
2. 활동저하후 회복기 28일에 훈련군의 가자미근질량과 상대가자미근무게가 대조치로 회복되었다.
3. 회복기 28일에 훈련군의 가자미근질량이 비훈련군

에 비해 6.6%였으나 통계적으로 유의한 차이를 나타내지 않았다.

- 회복기 28일에 훈련군의 상대가자미근 무게가 비 훈련군에 비해 15.79%였고 이는 유의한 차이를 나타냈다.

이와같은 결과를 토대로 활동저하후 회복기에 운동훈련을 실시함으로써 쥐의 위축근의 질량회복을 증진시킬 수 있을 것으로 생각된다.

참 고 문 헌

- 최명애, 임원환자에 있어 사지의 피부두겹두께, 둘레 및 근력의 변화에 관한 연구, 미발표, 1991.
- Alford, E.E., R.R. Roy, J.A. Hodgson and V.R. Edgerton, Electromyography of rat soleus, gastrocnemius and tibialis anterior during hindlimb suspension, *Exp. Neurol.* 1987, 96, 635-649.
- Appell, H.J. Skeletal muscle atrophy during immobilization, *Int. J. Sports Med.* 1986, 7, 1-5.
- Balaya, N.A., Amirov, R.Z., Shaposhnikova, Y.A., Lebedeva, I.P. and S. Sologub, In Sandler, H. And Vernikos, J., *Inactivity, physiological effects, Orlando; Academic Press, Inc.*, 1986.
- Booth, F.W., Time course of muscular atrophy during immobilization of hind limbs in rats, *J. Appl. Physiol.* 1977, 43(4), 656-661.
- Booth, F.W. Effect of limb immobilization on skeletal muscle, *J. Appl. Physiol.* 1982, 52(5), 1113-1118.
- Booth, F.W. and M.J. Seider, Recovery of skeletal muscle after 3 months of hindlimb immobilization in rats, *J. Appl. Physiol.* 1979, 47, 435-439.
- Booth, F.W. and M. J. Seider, Effects of disuse by limb immobilization on different muscle fiber types, *Plasticity of Muscle*, 1980.
- Bruce-Gregorios, J. and S.M. Chow, Core myofibers and related alterations induced in rats soleus muscle by immobilization in shortened position, *J. Neurol. Sci.* 1984, 63, 267-275.
- Burke, R.E. and V.R. Edgerton, Motor unit properties and selective involvement in movement, *Exercise and Sport Science Reviews*, New York: Academic Press, 1975.
- Desplanches, D., M.M. Mayet, B. Sempore and R. Flondrois, Structural and functional responses to prolonged hindlimb suspension in rat muscle, *J. Appl. Physiol.* 1987, 63, 558-563.
- Dietrick, J.E., G.D. Whedon, and E. Shorr Effects of immobilization upon various metabolic and physiologic functions of normal men, *Am. J. Med.* 1948, 4, 3-36.
- Dock, W. The evil sequelae of complete bed rest, *J. A. M. A.* 1944, 125, 1083-1085.
- Fell, R.D., L.B. Gladden, J.M. Steffen and X.J. Musacchia, Fatigue and contraction of slow and fast muscle in hypokinetic/hypodynamic rats, *J. Appl. Physiol.* 1985, 58, 65-69.
- Feller, D.D., H.S. Ginoza, and E.E. Morey, Atrophy of rat skeletal muscles in simulated weightlessness. *The Physiologist.* 1981, 24 (suppl.), 9-10.
- Fell, R.D., L.B. Gladden, J.M. Steffen, and Musacchia, X.J., Fatigue and contraction of slow and fast muscle in hypokinetic/hypodynamic rats, *J. Appl. Physiol.* 1985, 58, 65-69.
- Finol, H., D.M., Lewis and R. Owens, The effects of denervation on contractile properties of rat skeletal muscle, *J. Physiol.* 1981, 319, 82-92.
- Fishback, G.D. and N. Robbins, Changes in contractile properties of disused soleus muscle, *J. Physiol.* 1969, 201, 305-320.
- Fulks, R.M., J.B. Li and A.L. Goldberg, Effects of insulin, glucose and aminoacids on protein turnover in rat diaphragm, *J. Biol. Chem.*, 1975, 250, 290-298.
- Goldberg, A.L., Protein Synthesis in tonic and phasic skeletal muscle, *Nature*, 1967, 216, 1219-1220.
- Goldberg, A.L. and H.M. Goodman, Amino acid transport during work-induced growth of skeletal muscle, *Am. J. Physiol.* 1969, 216, 1111-1115.

- Goldberg, A.L., S.M. Martel and M.J. Kushmerick, *In vitro preparation of the diaphragm and other skeletal muscles, Methods in enzymology : hormones and cyclic nucleotides*, Eds. B.W.O' Malley and J.G. Hardman, Academic, New York : 1975.
- Goldspink, D., The influence of activity on muscle size and protein turnover, *J. Physiol. London*. 1977, 264, 283–296.
- Goldspink, D.F., The influence of immobilization and stretch on protein turnover of rat skeletal muscle, *J. Physiol.* 1977, 264, 267–282.
- Graham, S.C., R.R. Roy, E.O. Hauschka and V.R. Edgerton, Effects of periodic weight support on medial gastrocnemius fibers of suspended rats, *J. Appl. Physiol.* 1989, 67(3), 945–953.
- Greenleaf, J.E., E.M. Bernauer, L.T., Juhos, H.L. Young, J.T. Morse, R.W. Staley., Effects of exercise on fluid exchange and body composition in man during 14–day bed rest, *J. Appl. Physiol.* 1977, 43(1), 126–132.
- Hauschka, E.O., R.R. Roy and V.R. Edgerton, Periodic weight support effects on rat soleus fibers after hindlimb suspension, *J. Appl. Physiol.* 1988, 65(3), 1231–1237.
- Henneman, E., C.G. Somjen and D.O. Carpenter, Functional significance of cell size in spinal motor neurons, *J. Neurophysiol.* 1965, 28, 599–620.
- Herbert, M. E., R.R. Roy and V.R. Edgerton, Influence of one week hindlimb suspension and intermittent high load exercise on rat muscles, *Exp. Neurol.* 1988, 102, 190–198.
- Herbison, G.J., M.M. Jaweed and J.F. Ditunns, Muscle fiber atrophy after cast immobilization in the rat, *Arch. Phys. Med. Rehab.* 1978, 59, 301–305.
- Jokl, P. and S. Konstadt, Effect of hindlimb immobilization on muscle function and protein composition, *Clin. Orthop.* 1983, 174, 222–228.
- Kasper, C., T.P. White and L.C. Maxwell, Adaptation of rat skeletal muscle to hypokinesia, *The Physiologist.* 1982, 25(4), 260(Abstract No 35. 9).
- Kasper, C., T.P. White and L.C. Maxwell, Running during recovery from hindlimb suspension induces muscular injury, *J. Appl. Physiol.* 1990, 68(2), 533–539.
- Lindboe, C.F. and C.S. Platou, Effect of immobilization of short duration on the muscle fiber size, *Clin. Physiol.* 1984, 4, 183.
- Loughna, P., G. Goldspink and D.F. Goldspink, Effect of inactivity and passive stretch on protein turnover in phasic and postural rat muscles, *J. Appl. Physiol.* 1986, 61, 173–179.
- Maier, A., J.L. Crockett, D.R. Simpson, C.W. Saubert and V.R. Edgerton, Properties of immobilized guinea pig hindlimb muscles, *Am. J. Physiol.* 1976, 231, 1520–1526.
- Morey-Holton, E. and T.J. Wronski, Animal models for simulating weightlessness, *The Physiologist*, 1981, 24(Suppl. 6), 45.
- Musacchia, X.J., D.R. Deavers, G.A. Meininger and T.P. Davis, A model for hypokinesia : Effects on muscle atrophy in the rat, *J. Appl. Physiol. : Respirat. Environ. Exercise Physiol.* 1980, 48, 479–486.
- Musacchia, X. J., J.M. Steffen and D.R. Deavers, Suspension restraint : induced hypokinesia and antiorthostasis as a simulation of weightlessness, *The physiologist.* 1981, 24(suppl.).
- Musacchia, X.J., J.M. Steffen and D.R. Deavers, Rat hindlimb muscle responses to suspension hypokinesia /hypodynamia., *Aviat. Space Environ. Med.* 1983, 54, 1015–1020.
- Nicks, D.K., W.M. Beneke, R.M. Key and B.F. Timson, Muscle fiber size and number following immobilization atrophy, *J. Anat.* 1989, 163, 1–5.
- Reiser, P., C. Kasper and K. Moss, Myosin subunits and contractile properties of single fibers from hypokinetic rat muscles, *J. Appl. Physiol.* 1987, 63, 2293–2300.
- Roberts, D and D.J. Smith, Biochemical aspects of peripheral muscle fatigue, *A review. Sports Med.* 1989, 7, 125–138.
- Rozier, C.K., J.D. Elder, M. Broom, Prevention of atrophy by isometric exercises of casted leg, *J. Sports. Med. Phys. Fitness.* 1979, 19, 191–194.

- Saltin, B. and P.D. Gollnick, Skeletal muscle adaptability : Significance for metabolism and performance. In, *Handbook of Physiology, Skeletal Muscle*. Bethesda, M.D : Am, Physiol. Soc., 1983, Sect.
- Salvatori, S., D. Ernesto, Z. Francesco, V. Pompeo, P. Dandra, Q. Daniela, S. Giovanni and M. Alfredo, Denervation-induced proliferative changes of triads in rabbit skeletal muscle, *Muscle and Nerve*, 1989, 11, 1246-1259.
- Sandler, H., R.L. Popp, and D.C. Harrison, The hemodynamic effects of repeated bed rest exposure, *Aviat. Space Environ. Med.*(November), 1988, 1047-1054.
- Sandler, H. and Vernicos, *Inactivity : Physiological effects*. Orlando, Academic Press, Inc. 1986.
- Sargeant, A.J., C.T.M. Davies, R.H.T. Edwards, C. Maunder and A. Young, Functional and structural changes aftrte disuse of human muscle, *Clin. Sci. Mol. Med.* 1977, 52, 337-342.
- Szóór, A., A. Boross, G. Hollosi, T. Szilagyi and L. Kesztyus, Experimental investigations on hypokinesia of skeletal muscles with different functions. I. Changes in muscle weight, Protein, and contractile properties. *Acta Biologica Academiae Scientiarum Hungaricae*, 1977, 28(2), 195-204.
- Templeton, G.H., M. Padalino., J. Manton, M. Glasberg, C.J. Silver, P. Silver, G. DeMartino, T. Leconey, G. Klug, H. Hagler, and J.L. Sutko, Influence of suspension hypokinesia on rat soleus muscle, *J. Appl. physiol : Respirat. Environ. Exercise Physiol.* 1984, 56(2), 278-286.
- Templeton, G.H., H.L. Sweeney, B.F. Timxon, M. Padalino and G.A. Dudenhocffer, Changes in fiber composition of soleus muscle during rat hindlimb suspension, *J. Appl. Physiol.* 1988, 65, 1191-1195.
- Thomason, D.B., R.E. Herrick, and K.M. Baldwin, Activity influences on soleus muscle myosin during rodent hindlimb suspension, *J. Appl. Physiol.* 1987, 63, 138-144.
- Tucker, K.R., M.J. Seider and F.W. Booth, Protein synthesis rates in atrophied gastrocnemius muscles after limb immobilization, *J. Appl. Physiol. : Respirat. Environ. Exercise Physiol.* 1981, 51(1), 73-77.
- Watson, P.A., J.P. Stein and F.W. Booth, Changes in actin synthesis and actin-m RNA content in rat muscle during immobilization, *Am. J. Physiol.* 1984, 247, 39-44.
- Winiarski, A.M., R.R. Roy, E.K. Alford, P.C. Chiang, and V.R. Edgerton, Mechanical properties of rat skeletal muscle after hindlimb suspension, *Exp. Neurol.* 1987, 96, 650-660.
- Witzman, F.A., D.H. Kim, R.H. Fitts, Recovery time course in coarctile function of fast and slow skeletal muscle after hindlimb immobilization, *J. Appl. Physiol.* 1982, 52, 677-682.

– Abstract –

Effect of Exercise on the Mass and Relative Muscle Weight of Atrophied Soleus Muscles of Rats

Choe, Myoung Ae*

The purpose of this study was to determine the amount of soleus muscle atrophy in rats due to 28 days of decreased activity induced by hindlimb suspension, to observe the restoration of mass and relative muscle weight of the atrophied soleus muscle at day 28 of recovery to control value, and to compare the effect of run training on the mass and relative muscle weight of the atrophied soleus muscle at day 28 of recovery with that of sedentary rats.

Adult female Wistar rats were maintained for 28 days with hindlimb suspension. Rats were then assigned randomly to a cage sedentary or running group. Soleus muscle mass and relative muscle weight following hindlimb suspension were compared with a control value. The soleus muscle mass and relative muscle weight of the running and

cage sedentary groups following hindlimb suspension were compared with those of a control group.

Soleus muscle mass and relative muscle weight of the run training group were compared with those of cage sedentary group.

The results obtained were as follows :

1. Soleus muscle mass and relative muscle weight was reduced to 53.28% and 51.11% respectively by hindlimb suspension.
2. Soleus muscle mass and relative muscle weight of the training group t day 28 of recovery was restored to the control value.
3. Soleus muscle mass of the training group was greater than that of the cage sedentary group by 6.6% without statistical significance at day 28 of recovery.
4. Relative soleus muscle weight of the traning group was significantly greater than that of the cage sedentary group by 15.79%

From these results, it may be concluded that run training during the posthypokinetic period facilitates the recovery of the atrophied soleus muscle mass of rats.

*Department of Nursing, College of Medicine,
Seoul National University