

주요개념 : 지구력 운동, 위축뒤틀다리근, 근원섬유 단백질 함량, 근섬유 단면적

근위축 발생전의 지구력 운동이 쥐의 위축뒤틀다리근의 질량, 근원섬유 단백질 함량 및 근섬유 단면적에 미치는 영향*

최 명 애**

I. 서 론

1. 연구의 필요성

질병이나 손상에 의해 전혀 활동을 못하거나 활동이 제한된 경우 인체의 모든 기관 계통에서 불평형(disequilibrium) 상태를 초래한다. 비활동(inactivity)이나 활동저하의 결과로 인한 장애를 불용성 증후군이라 하며 골격근 위축(Dock, 1944), 피로의 증가(Roberts and Smith, 1989), 골격근수축 시간의 변화, 혈장과 혈량의 상실, 체위성 저혈압(Sandler et al., 1988), 무기폐(Dock, 1944 ; Greenleaf et al., 1977), 욕창 등으로 나타난다. 장기간의 활동저하는 근육단백질의 유의한 상실, 골격근이 산소를 이용하는 능력의 저하, 기능적 능력(functional capacity)의 장애를 유발하며(Hung et al., 1982) 부동근육에서 근원섬유 단백질농도(myofibrillar protein concentration)가 저하되었음을 보고하였다(Jokl and Konstadt, 1983 ; Maier et al., 1976).

불용(disuse) 상태로 1-2개월 경과하면 근육크기가 반으로 줄어들고, 이 때 하지의 항중력근이 가장 영향을 많이 받으며 수축 자극이 없을 경우 근력이 최대근력의 약 5%씩 매일 감소한다(문, 1979 ; Muller, 1970 ; 채, 1993).

활동이나 체중부하가 저하되면 골격근은 단백질분해를

증가시키고 단백질합성을 저하시켜 골격근질량이 줄며(Booth and Seider, 1980 ; Tucker et al., 1981) 활동이 저하된지 72시간후 단백질분해 과정에 의해 근섬유의 크기가 14-17% 저하되고(Booth, 1982 ; Lindobe and Platou, 1984) 활동저하 첫주에 골격근 용적이 25-30% 저하된다.

활동저하시의 근질량의 상실은 단백질상실에 의한 것이며(Goldspink, 1977) 단백질합성속도가 느리고 단백질분해속도가 빠른것의 두가지 과정이 동시에 발생하여 근단백의 축적을 저하시킬 수 있다(Goldberg and Goodman, 1969).

부동, 활동저하는 근육작용과 근육에 가해지는 부하를 저하시켜 수축성 단백질의 합성을 저하시키고 단백질분해를 증가시키며 침상안정이 1일 8g의 단백질분해를 유발한다. 부동근육에서 근원섬유 단백질농도가 저하되었고(Jokl and Konstadt, 1983 ; Maier et al., 1976) 뒤틀다리 부유후 가자미근의 절대단백함량이 저하되었으며(Steffen and Musacchia, 1984), non-collagen protein이 선택적으로 감소했다.

쥐의 뒤틀다리를 부유시켜 근육에 가해지는 부하를 1-5주간 저하시킨후 족저굴곡근(plantar flexor muscle)의 질량과 근섬유 횡단면적이 유의하게 저하되었음을 보고하였다(Desplanches et al., 1987 ; Musacchia et al., 1980 ; Templeton et al., 1984 ; Temp-

* 본 연구는 1995년도 서울대학교 발전기금 포항제철 학술연구비의 지원에 의해 수행되었음
** 서울대학교 간호대학

leton et al., 1988 ; Winiarski et al., 1987 ; 최, 1991a ; 최 등, 1992, 1994).

입원이라는 상황에서 활동저하기간은 불가피하며 이로 인해 일상생활 동작을 포함한 업무수행능력의 저하가 뒤따르게 된다. 또한 병원환경조차도 활동이 가능한 환자가 그들의 동작수준을 효과적으로 줄여서 수행할 수 있도록 되어 있어 근위축발생의 위험이 크다. 이러한 근위축의 문제는 입원환자에 국한되지 않고 지역사회에서 질병이나 통증, 피로, 호흡곤란 같은 증상에 의해 활동이 저하되는 경우 역시 그 위험성이 크다고 볼 수 있다. 또한 고정화 되어감에 따라 노인인구가 증가되고 이러한 노인들의 활동부족에 의한 근위축과 노화과정 자체에 의한 근위축이 문제된다.

이러한 근위축 문제를 해결하기 위한 방안에 대한 연구는 근위축이 유발된 후 운동을 부하시켜 근위축 회복을 촉진시키거나 근위축이 유발되고 있는 동안 근위축을 약화 또는 예방하려는 시도에 국한되어 있고 근위축의 위험이 예견되는 상황에서 근위축발생에 대한 대비책은 전혀 강구되지 않고 있으며 이방면에 대한 연구도 거의 이루어지지 않고 있다. 또한 활동부족에 의한 관상동맥성 심장질환 발생에 대해서 많은 관심을 가지고 이의 예방에 대한 연구가 활발하게 이루어지고 있는 반면 활동결여에 의한 근위축에 대해서는 거의 관심이 없는 실정이다.

따라서 이러한 문제를 해결하는 방안으로 근위축의 위험이 예견되는 상황에서 근위축을 줄일 수 있도록 규칙적인 운동이 절실하게 요구된다고 생각된다.

운동훈련으로 근세포가 비후되고 유산소대사와 골격근 산화능력이 증가된다는 선행 연구결과를 토대로 근위축유발전의 훈련이 위축발생을 줄일 수 있을 것이라는 가정하에 근위축 발생전의 지구력 훈련이 위축뒤틀리근의 질량, 상대근 무게 및 근원섬유 단백질 함량, Type I, II fiber의 분포 비율과 횡단면적에 미치는 영향을 밝히고자 한다.

신체활동 증진을 통해 건강을 유지, 증진시키는 것이 간호의 중요한 기능중의 하나이다라는 관점에서 볼 때 근위축발생 상황에서 위축발생을 줄일 수 있는 간호중재로 규칙적인 운동을 이용하는 것에 대한 실험적 근거를 제공하기 위해 본 연구의 필요성이 절실하다고 본다.

본 연구에서 동물모형을 이용한 것은 인간에게서는 특정근육을 절제하는 것이 불가능하기 때문이다.

2. 연구 목적

본 연구는 근위축발생전의 운동이 위축 뒤틀리근의 질량, 상대근 무게 및 근원섬유 단백질 함량, Type I, II fiber의 분포 및 횡단면적에 미치는 영향을 규명하고자 하며 구체적인 목적은 다음과 같다.

1. 1주간의 뒤틀다리 부유로 가자미근(soleus), 족척근(plantar) 및 비복근(gastrocnemius)의 질량, 상대근 무게, 근원섬유 단백질 함량, 가자미근과 족척근의 Type I, II fiber의 분포 및 횡단면적이 감소되는가를 분석한다.
2. 주기적으로 운동을 부하시켜 가자미근, 족척근 및 비복근의 질량, 상대근 무게, 근원섬유 단백질 함량, 가자미근과 족척근의 Type I, II fiber의 분포 비율 및 횡단면적이 증가되는가를 분석한다.
3. 뒤틀다리부유전 주기적으로 운동을 부하시킨군의 가자미근, 족척근 및 비복근의 질량, 상대근 무게, 근원섬유 단백질 함량, 가자미근과 족척근의 Type I, II fiber의 분포 비율 및 횡단면적이 정상적으로 활동한 군과 차이가 있는가를 비교분석한다.
4. 뒤틀다리부유전 주기적으로 운동을 부하시킨군의 가자미근, 족척근 및 비복근의 질량, 상대근 무게, 근원섬유 단백질 함량, 가자미근과 족척근의 Type I, II fiber의 분포 비율 및 횡단면적이 정상적으로 활동한 후 뒤틀다리를 부유시킨군과 차이가 있는가를 비교분석한다.

II. 연구 방법

1. 연구대상

실험동물로 Adult female Wistar rats(N=30, 체중=203.78±15.50g)을 사용하였고 성장에 의한 변화를 최소화시키기 위해 성인취를 택하였다. 대조군과 실험군을 동일한 환경에 수용하였고 circadian rhythm을 위해 12시간은 밝고 12시간은 어둡게 하였으며 쥐사료(고형사료)와 물을 마음대로 먹게하였다.

2. 실험설계(그림 1)

실험동물은 무작위로 대조군, 뒤틀다리 부유군, 운동+

뒷다리 부유군으로 구분하였다. 대조군은 뒷다리를 부유하지 않은 정상 활동군이며 뒷다리 부유군은 뒷다리를 부유하는 군이고 운동+뒷다리 부유군은 뒷다리를 부유하기전 지구력 훈련을 받은군이다. 세 군 모두 실험 시작일로 부터 35일째에 가자미근, 족척근 및 비복근을 절제하였다.

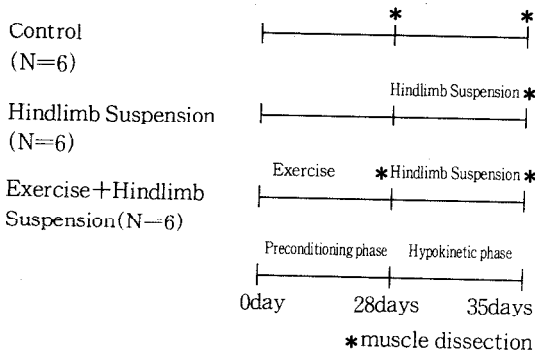


Fig 1. Experimental Design

3. 실험방법

1) 뒷다리부유(hindlimb suspension)

최(1994)의 방법을 이용하여 뒷다리를 부유시켰다.

위의 뒷다리가 약간 상승하도록 하는 높이로 고정시켜 뒷다리가 cage바닥에 닿지 않도록 하며 앞다리는 자유롭게 움직이도록 하였다. 이러한 상태에서 앞다리는 자유롭게 움직일 수 있어 스스로 먹고 마실 수 있었다.

이 방법은 비침투적(noninvasive)이며 침상안정이 체중부하구육에 미치는 효과를 모방하고 있어 이방법에 의해 유발되는 변화는 뒷다리에 체중부하가 없고 뒷다리 사용이 제한되어 초래되는 결과라고 할 수 있다.

뒷다리 부유동안 12시간은 밝고 12시간은 어둡게 해주었으며 매일 쥐를 관찰하여 꼬리병변, 비정상적인 호흡형태, 부당한 불편감, 꼬리에 색깔변화가 있는가를 관찰하였다. 이들 증상중 한가지라도 나타내는 동물은 연구대상에서 제외시켰다.

2) 지구력 훈련

운동속도와 경사가 조절될 수 있는 rodent animal treadmill에서 훈련을 실시하였다. 최(1991a)가 이용하였던 방법을 적용하여 훈련시켰다. 주당 5회 달리도록 했고 분당 15m, 0%경사, 10분간 달리는 것으로 시작하여 1일에 분당 1m씩 계단식으로 증가시켜 5일에 3%씩

증가하는 방식으로 4주말에는 분당 34m속도, 13.5%경사로 60분동안 달리게 했다.

3) 조직 준비

뒷다리 부유가 끝날 때 pentobarbital sodium(50mg/Kg i.p)으로 마취시킨후 양쪽 뒷다리에서 가자미근, 족척근 및 비복근을 절제하고 생리식염수로 rinse시키며 지방조직과 결체조직을 신중하게 잘라낸 후 무게를 측정하였다. 절제된 가자미근, 족척근 및 비복근의 젖은 무게(wet weight)를 microbalance(Mettler PE160)에서 측정하고 상대가자미근 무게, 상대족척근 및 비복근의 무게는 근육절제전 체중에 대한 가자미근, 족척근 및 비복근의 절대 무게비율로 산출하였다.

4) 근원섬유 단백질(myofibrillar protein) 정량

냉동보관되었던 가자미근, 족척근 및 비복근을 mincing한뒤 39mM sodium borate, 25mM KCl, 1mM Phenylmethylsulfonyl fluoride, 5mM EGTA를 포함한 borate-KCl buffer(pH 7.0)에서 homogenize시켰다.

Homogenate를 4℃에서 2000rpm으로 15분간 원심분리시킨후 Pellet만 모아 1% Triton X-100으로 씻어 membrane-bound protein을 제거한뒤 원심분리시키고 나서 0.1M KCl, 50mM Tris(pH 7.0), 1.0mM DTT에 재부유시켰다.

원심분리시킨 Pellet만을 얻은뒤 0.1M KCl, 2mM MgCl, 2mM EGTA, 0.01M Tris-maleate(pH 7.0), 1.0mM DTT 포함한 low sodium buffer에서 2회 세척한후 pellet을 1N NaOH에 넣고 80℃로 20분간 끓였다. 위의 모든 절차는 4℃에서 수행하였으며 단백질 정량은 Bio-red를 사용했다.

5) Myosin-ATPase 조직화화

근섬유 형태를 7분하기 위하여 실시하였다. 설압자를 적당한 크기로 잘라 OCT compound를 바르고 그 위에 절제된 근육을 올려놓은 후 액체질소로 -160℃까지 냉각된 isoperane용액에서 급속냉동시킨 후 -70℃ 냉동실에 보관하였다. 냉동보관된 가자미근, 족척근 및 비복근의 중간부위를 5mm두께로 잘라내어 세로로 방향을 잡아 OCT compound를 이용하여 mold에 포매(embedding)한 후 -25℃의 Cryostate에서 10μm 두께로 잘라 슬라이드에 mount하였다. 실온에서 30-60분 동안 공기로 건조시킨 후 조직화염색을 Chayen et

al.(1973)의 방법을 이용하여 실시하였다.

6) 근섬유의 분류 및 근섬유 비율과 횡단면적 측정

Myosin ATPase로 염색된 근육표본을 광학현미경으로 보아 밝게 보이는 근섬유는 Type I, 어둡게 보이는 근섬유는 Type II로 분류했다(Burke and Edgerton, 1975).

각 근섬유의 횡단면적은 Microscopic image analyzer(Leitz, ASM 68k, Netzlar)를 이용하여 200배의 배율하에 최소한 100개의 근섬유의 tracings으로부터 측정하였다.

각 근섬유가 나타내는 상대적 비율은 총근섬유숫자의 %로 나타내었다.

7) 통계 처리

각 군의 Mean \pm S.D.를 계산하고 각 군의 차이를 Kruskal-Wallis test에 의해 검증하고 두 군간의 차이는 Mann-Whitney U test를 실시하여 검증하였다.

통계적 유의성은 $P < 0.05$ 수준에서 채택하였다.

8) 실험동물 처리

근육절제시 적절한 방법으로 통증반응이 나타나지 않도록 하며 근육절제가 끝난 후 인공기흉(artificial pneumothorax)을 만들어 희생시켰다.

III. 연구결과

1. 실험시작전 체중과 근육절제 직전의 체중 변화

4주 대조군, 5주 대조군, 4주 정상활동후 1주 뒷다리 부유군, 4주 운동군, 4주 운동후 1주 뒷다리 부유군의 실험시작시의 체중과 근육절제 직전의 체중 변화는 <표 2>에서 보는바와 같다.

실험시작시의 체중은 4주 대조군이 213.25 \pm 7.03g, 5주 대조군이 214.00 \pm 16.44g, 4주 정상활동후 1주 뒷다리 부유군이 204.50 \pm 14.71g, 4주 운동군이 197.08 \pm 13.08g, 4주 운동후 1주 뒷다리 부유군이 190.08 \pm 13.18g로 운동군과 운동후 뒷다리부유군이 대조군에 비해 유의하게 작았으나 근육절제 직전의 체중은 4주 대조군이 242.15 \pm 7.01g, 5주 대조군이 246.92 \pm 17.06g, 4주 정상활동후 1주 뒷다리 부유군이 212.65 \pm 36.30g, 4주 운동군이 237.16 \pm 11.15g, 4주 운동후 1주 뒷다리 부유군이 223.12 \pm 13.18g로 군간의 차이가 없었다.

Table 2. Pre and post weight of 4-week sedentary (4S), 5-week sedentary(5S), 4-week sedentary plus 1-week hindlimb suspended(4SH), 4-week exercise(4E), 4-week exercise plus 1-week hindlimb suspended(4EH) rats.

	Prewt(g)	Postwt(g)	%Change
4S (N=6)	213.25 \pm 7.03	242.15 \pm 7.01	13.59
5S (N=6)	214.00 \pm 16.44	246.92 \pm 17.06	15.46
4SH (N=6)	204.50 \pm 14.71	212.65 \pm 36.30	3.77
4E (N=5)	197.08 \pm 13.08*	237.16 \pm 11.15	20.58
4EH (N=6)	190.08 \pm 13.18 ⁺	223.12 \pm 13.18	14.82

Values are means \pm S.D. N : Number of animals

Prewt : Body weight at the start of experiment

Postwt : Body weight before dissection

*Significantly different from 4S($P < 0.05$)

⁺Significantly different between 5S and 4EH($P < 0.05$)

실험시작시부터 4주 대조군은 13.59%, 5주 대조군은 15.46%, 4주 정상활동후 1주 뒷다리 부유군은 3.77%, 4주 운동군은 20.58%, 4주 운동후 1주 뒷다리 부유군은 14.82% 증가하였다.

2. 근위축 발생전의 운동이 가자미근, 족척근 및 비복근의 젖은 무게에 미치는 영향

4주 운동후 1주 뒷다리 부유가 가자미근, 족척근 및 비복근에 미치는 영향은 <표 3>에서 보는 바와 같다.

가자미근의 젖은 무게(wet weight)는 4주 대조군이 120.00 \pm 11.51mg, 5주 대조군이 125.33 \pm 12.19mg, 4주 정상활동후 1주 뒷다리 부유군이 89.88 \pm 20.10mg, 4주 운동군이 128.60 \pm 8.93mg, 4주 운동후 1주 뒷다리 부유군이 96.40 \pm 14.10mg로 4주 정상활동후 1주 뒷다리 부유군이 5주 대조군에 비해 28.29% 유의하게 감소하였고($P = 0.0087$) 4주 운동군이 4주 대조군에 비해 7.16%의 증가하는 경향을 나타냈다. 4주 운동후 1주 뒷다리 부유군이 5주 대조군에 비해 23.08% 유의하게 감소하였으며($P = 0.0173$) 4주 운동군에 비해 25.04% 유의하게 감소하였고($P = 0.0087$) 4주 정상활동후 1주 뒷다리 부유군에 비해서는 6.77%의 증가를 보였으나 통계적 유의성은 없었다.

족척근의 젖은 무게는 4주 대조군이 240.33 \pm 17.97mg, 5주 대조군이 258.17 \pm 30.02mg, 4주 정상활동후 1주 뒷다리 부유군이 191.83 \pm 30.93mg, 4주 운동군이 223.10 \pm 17.51mg, 4주 운동후 1주 뒷다리 부유군이 207.

Table 3. Absolute wet weight of soleus, plantaris and gastrocnemius muscle in 4-week sedentary (4S), 5-week sedentary(5S), 4-week sedentary plus 1-week hindlimb suspended(4SH), 4-week exercise(4E), 4-week exercise plus 1-week hindlimb suspended(4EH) rats.

	Soleus(mg)	Plantaris(mg)	Gastrocnemius(mg)
4S (N=6)	120.00±11.51	240.33±17.97	1257.17± 86.21
5S (N=6)	125.33±12.19	258.17±30.02	1287.00± 98.11
4SH (N=6)	89.88±20.10**	191.83±30.93***	912.00±132.57***
4E (N=5)	128.60±8.93	223.10±17.51	1188.80±145.52
4EH (N=6)	96.40±14.10*	207.60±22.41*	1071.80±63.14**+

Values are means ± S.D. N : Number of animals

* Significantly different from control value(P<0.05)

** Significantly different from control value(P<0.01)

*** Significantly different from control value(P<0.005)

+ Significantly different between 4SH and 4EH(P<0.05)

60±22.41mg로 4주 정상활동후 1주 뒷다리 부유군이 5주 대조군에 비해 25.7% 유의하게 감소하였고(P=0.0022) 4주 운동군이 4주 대조군에 비해 7.17% 감소하는 경향을 나타냈다. 4주 운동후 1주 뒷다리 부유군이 5주 대조군에 비해서는 19.59%의 감소를 보였으며(P=0.0173) 4주 정상활동후 1주 뒷다리 부유군에 비해 8.22% 증가하였으나 통계적 유의성은 없었다.

비복근의 젖은 무게는 4주 대조군이 1257.17±86.21mg, 5주 대조군이 1287.00±98.11mg, 4주 정상활동후 1주 뒷다리 부유군이 912.00±132.57mg, 4주 운동군이 1188.80±145.52mg, 4주 운동후 1주 뒷다리 부유군이 1071.80±63.14mg로 4주 정상활동후 1주 뒷다리 부유군이 5주 대조군에 비해 29.14% 유의하게 감소하였고(P=0.0022) 4주 운동군이 4주 대조군에 비해 5.4% 감소하는 경향을 나타냈다. 4주 운동후 1주 뒷다리 부유군이 5주 대조군에 비해 16.78% 유의하게 감소하였으며(P=0.0087) 4주 정상활동후 1주 뒷다리 부유군에 비해 17.52% 유의하게 증가되었다(P=0.0173).

3. 근위축 발생전의 운동이 상대가자미근, 상대족척근 및 상대 비복근 무게에 미치는 영향

4주 운동후 1주 뒷다리 부유가 상대가자미근, 상대족척근 및 상대비복근 무게에 미치는 영향은 <표 4>에서 보는바와 같다.

상대가자미근의 무게는 4주 대조군이 0.50±0.04mg,

5주 대조군이 0.51±0.02mg, 4주 정상활동후 1주 뒷다리 부유군이 0.42±0.05mg, 4주 운동군이 0.54±0.04mg, 4주 운동후 1주 뒷다리 부유군이 0.43±0.06mg로 4주 정상활동후 1주 뒷다리 부유군이 5주 대조군에 비해 17.65% 유의하게 감소하였고(P=0.0087) 4주 운동후 1주 뒷다리 부유군이 5주 대조군에 비해 15.69% 유의하게 감소하였으며(P=0.0043) 4주 운동군이 4주 대조군에 비해 8.0% 증가 되었고 4주 운동후 1주 뒷다리 부유군에 비해 25.58% 유의한 증가를 보였다(P=0.0173). 4주 운동후 1주 뒷다리 부유군은 4주 정상활동후 1주 뒷다리 부유군과 비교할 때 2.38%의 증가를 보였으나 통계적 유의성은 없었다.

상대족척근의 무게는 4주 대조군이 0.99±0.06mg, 5주 대조군이 1.04±0.07mg, 4주 정상활동후 1주 뒷다리 부유군이 0.90±0.04mg, 4주 운동군이 0.94±0.05mg, 4주 운동후 1주 뒷다리 부유군이 0.93±0.07mg로 4주 정상활동후 1주 뒷다리 부유군이 5주 대조군에 비해 13.47% 유의하게 감소하였고(P=0.0043) 4주 운동군이 4주 대조군에 비해 5.06%의 감소를 보였으며 4주 운동후 1주 뒷다리 부유군이 5주 대조군에 비해 10.58% 유의하게 감소하였고(P=0.0303) 4주 정상활동후 1주 뒷다리 부유군에 비해 3.33% 감소하는 경향을 나타냈다.

상대비복근의 무게는 4주 대조군이 5.19±0.23mg, 5주 대조군이 5.21±0.15mg, 4주 정상활동후 1주 뒷다리 부유군이 4.31±0.18mg, 4주 운동군이 5.01±0.51mg, 4주 운동후 1주 뒷다리 부유군이 4.81±0.12mg로 4주 정

Table 4. Relative weight of soleus, plantaris and gastrocnemius muscle in 4-week sedentary(4S), 5-week sedentary(5S), 4-week sedentary plus 1-week hindlimb suspended(4SH), 4-week exercise(4E), 4-week exercise plus 1-week hindlimb suspended(4EH) rats.

	Soleus(mg)	Plantaris(mg)	Gastrocnemius(μg)
4S (N=6)	0.50±0.04	0.99±0.06	5.19±0.23
5S (N=6)	0.51±0.02	1.04±0.07	5.21±0.15
4SH (N=6)	0.42±0.05**	0.90±0.04***	4.31±0.18***
4E (N=5)	0.54±0.04	0.94±0.05	5.01±0.51
4EH (N=6)	0.43±0.06***	0.93±0.07*	4.81±0.12***+

Values are means ± S.D. N : Number of animals

* Significantly different from control value(P<0.05)

** Significantly different from control value(P<0.01)

*** Significantly different from control value(P<0.005)

+ Significantly different between 4SH and 4EH(P<0.005)

상활동후 1주 뒷다리 부유군이 5주 대조군에 비해 17.28%의 유의한 감소를 보였고($P=0.0043$) 4주 운동군이 4주 대조군에 비해서는 3.47%의 감소를 나타냈다. 4주 운동후 1주 뒷다리 부유군은 5주 대조군에 비해서는 7.68%의 유의한 감소를 나타냈으며($P=0.0043$) 4주 정상활동후 1주 뒷다리 부유군에 비해서는 11.6%의 유의한 증가를 보였다($P=0.0087$).

4. 근위축 발생전의 운동이 가자미근, 족척근 및 비복근의 근원섬유 단백질 함량에 미치는 영향

근원섬유 단백질 함량은 근육 무게 1g당 근원섬유 단백질 함량(mg / g muscle weight)으로 나타내었다.

4주 운동후 1주 뒷다리 부유가 가자미근, 족척근 및 비복근의 근원섬유 단백질 함량에 미치는 영향은 <표 5>에서 보는바와 같다.

가자미근의 근원섬유 단백질 함량은 4주 대조군이 218.77 ± 23.00 mg, 5주 대조군이 219.81 ± 33.69 mg, 4주 정상활동후 1주 뒷다리 부유군이 226.53 ± 28.54 mg, 4주 운동군이 325.72 ± 34.74 mg, 4주 운동후 1주 뒷다리 부유군이 317.30 ± 45.54 mg로 4주 정상활동후 1주 뒷다리 부유군이 5주 대조군에 비해서 3.05%의 증가를 나타냈고 4주 운동군이 4주 대조군에 비해서 48.88% 유의하게 증가하였으며($P=0.0043$) 4주 운동후 1주 뒷다리 부유

군이 5주 대조군에 비해서 44.35% 유의하게 증가하였고($P=0.0173$) 4주 정상활동후 1주 뒷다리 부유군에 비해서는 40.06% 유의하게 증가함을 보였다($P=0.0087$).

족척근의 근원섬유 단백질 함량은 4주 대조군이 219.87 ± 11.51 mg, 5주 대조군이 200.78 ± 23.88 mg, 4주 정상활동후 1주 뒷다리 부유군이 175.18 ± 36.19 mg, 4주 운동군이 195.52 ± 11.46 mg, 4주 운동후 1주 뒷다리 부유군이 255.01 ± 21.53 mg로 4주 정상활동후 1주 뒷다리 부유군이 5주 대조군에 비해서 12.76% 감소하는 경향을 나타냈고 4주 운동군이 4주 대조군에 비해 11.08%의 유의한 감소를 보였으며($P=0.0173$) 4주 운동후 1주 뒷다리 부유군이 5주 대조군에 비해서 27.01% 유의하게 증가하였고($P=0.0173$) 4주 정상활동후 1주 뒷다리 부유군에 비해 45.57%의 유의한 증가를 나타내었다($P=0.0043$).

비복근의 근원섬유 단백질 함량은 4주 대조군이 338.64 ± 33.13 mg, 5주 대조군이 306.47 ± 34.65 mg, 4주 정상활동후 1주 뒷다리 부유군이 325.16 ± 53.92 mg, 4주 운동군이 415.19 ± 42.64 mg, 4주 운동후 1주 뒷다리 부유군이 355.41 ± 52.30 mg로 4주 정상활동후 1주 뒷다리 부유군이 5주 대조군에 비해서 6.1% 증가하는 경향을 나타냈고 4주 운동군이 4주 대조군에 비해서 22.61%의 유의한 증가를 나타냈으며($P=0.0087$) 4주 운동후 1주 뒷다리 부유군이 5주 대조군에 비해서는 15.96%의 증가를 보였으나 통계적 유의성은 없었고 4주 정상활동후 1주 뒷다리 부유군에 비해 9.30% 유의하게 증가되었다.

5. 근위축 발생전의 운동이 가자미근과 족척근의 Type I, II fiber의 분포 및 횡단면적에 미치는 영향

4주운동후 1주 뒷다리 부유가 가자미근과 족척근의 Type I, II fiber에 미치는 영향이 <표 6>에 요약되어 있다. 가자미근의 경우 Type I fiber와 Type II fiber의 분포비율이 4주 대조군이 81.22%, 18.67%, 4주 정상활동후 1주 뒷다리 부유군이 77.27%, 22.73%, 4주후 운동군이 76.75%, 23.38%, 4주 운동후 1주 뒷다리 부유군이 75.96%, 23.84%이었으며 각군간에 근섬유 분포에 차이가 없었다.

족척근의 경우 Type I fiber와 Type II fiber의 분포 비율이 4주 대조군이 22.93%, 77.07%, 4주 정상활동후 1주 뒷다리 부유군이 11.25%, 88.7%, 4주운동군이 7.46%, 92.54%, 4주운동후 1주 뒷다리 부유군이 14.76%, 85.26%로 5군간에 근섬유 분포에 차이가 없었다.

Table 5. Myofibrillar protein content of soleus, plantaris and gastrocnemius muscle in 4-week sedentary(4S), 5-week sedentary(5S), 4-week sedentary plus 1-week hindlimb suspended(4SH), 4-week exercise(4E), 4-week exercise plus 1-week hindlimb suspended(4EH) rats.

	Soleus(mg)	Plantaris(mg)	Gastrocnemius(mg)
4S (N=6)	218.77 ± 23.00	219.87 ± 11.51	338.64 ± 33.13
5S (N=6)	219.81 ± 33.69	200.78 ± 23.88	306.47 ± 34.65
4SH (N=6)	226.53 ± 28.54	175.18 ± 36.19	325.16 ± 53.92
4E (N=5)	$325.72 \pm 34.74^{***}$	$195.52 \pm 11.46^*$	$415.19 \pm 42.64^{**}$
4EH (N=6)	$317.30 \pm 45.54^{++}$	$255.01 \pm 21.53^{*++}$	355.41 ± 52.30

Values are means \pm S.D. N: Number of animals

* Significantly different from control value(5S) ($P < 0.05$)

** Significantly different from control value(4S) ($P < 0.05$)

*** Significantly different from control value(4S) ($P < 0.01$)

**** Significantly different from control value(4S) ($P < 0.005$)

+ Significantly different between 4SH and 4EH ($P < 0.01$)

++ Significantly different between 4SH and 4EH ($P < 0.005$)

4주 운동후 1주 뒷다리부유가 가자미근과 족척근의 Type I, II fiber의 횡단면적에 미치는 영향은 <표 6>에서 보는 바와 같이 가자미근의 경우 Type I fiber의 횡단면적은 대조군이 $2577.67 \pm 323.84 \mu m^2$, 4주 정상활동 후 1주 뒷다리 부유군이 $1322.67 \pm 389.01 \mu m^2$ 로 4주 운동군이 $2807.25 \pm 827.72 \mu m^2$, 4주 운동 후 1주 뒷다리 부유군이 $1367.40 \pm 180.15 \mu m^2$ 로 4주 정상활동후 1주 뒷다리 부유군이 대조군에 비해 유의하게 48.69% 감소하였고($p=0.0104$), 4주 운동군이 대조군에 비해 8.91% 증가하는 경향이였으며 4주 운동후 1주 뒷다리 부유군이 4주 운동군에 비해 51.29% 유의하게 감소하였고($p=0.0143$), 4주 운동후 1주 뒷다리 부유군이 대조군에 비해 46.95%($p=0.0062$) 감소하였으며 4주 운동후 1주 뒷다리 부유군이 4주 정상활동 후 1주 뒷다리 부유군에 비해 3.38% 증가하는 경향이였다.

Type II fiber의 횡단면적은 대조군이 $1711.50 \pm 226.82 \mu m^2$, 4주 정상활동후 1주 뒷다리 부유군이 $1263.67 \pm 181.12 \mu m^2$, 4주 운동군이 $1911.75 \pm 344.72 \mu m^2$, 4주 운동 후 1주 뒷다리 부유군이 $1108.00 \pm 169.94 \mu m^2$ 이었다.

4주 정상활동 후 1주 뒷다리 부유군이 대조군에 비해 유의하게 26.17% 감소하였고($p=0.0163$) 4주 운동군이 대조군에 비해 11.70% 증가하는 경향이였으며 4주 운동 후 1주 뒷다리 부유군이 4주 운동군에 비해 42.04% 유의하게 감소하였고($p=0.0143$) 4주 운동후 1주 뒷다리 부유군이 대조군에 비해 35.26%($p=0.0062$) 유의하게 감소하였으며 4주 운동후 1주 뒷다리 부유군이 4주 정상

활동후 1주 뒷다리 부유군에 비해 12.32% 감소하는 경향이였다.

족척근의 경우 Type I fiber 횡단면적은 대조군이 $1293.00 \pm 285.88 \mu m^2$, 4주 정상활동후 1주 뒷다리 부유군이 $768.40 \pm 59.52 \mu m^2$, 4주 운동군이 $1030.00 \pm 117.91 \mu m^2$, 4주 운동후 1주 뒷다리 부유군이 $910.00 \pm 133.04 \mu m^2$ 이었다. 4주 정상활동 후 1주 뒷다리 부유군이 대조군에 비해 40.57% 유의하게 감소하였고($p=0.0104$) 4주 운동 후 1주 뒷다리 부유군이 4주 운동군에 비해 유의하게 11.65% 감소하였고($p=0.0090$) 4주 운동 후 1주 뒷다리 부유군이 대조군에 비해 29.62%($p=0.0062$) 감소하였고 4주 운동후 1주 뒷다리 부유군이 4주 정상활동 후 1주 뒷다리 부유군에 비해 18.43% 유의하게 증가하였다($p=0.0353$).

Type II fiber의 횡단면적은 대조군이 $1709.83 \pm 420.14 \mu m^2$, 4주 정상활동 후 1주 뒷다리 부유군이 $1241.17 \pm 279.85 \mu m^2$, 4주 운동군이 $1749.20 \pm 432.97 \mu m^2$, 4주 운동 후 1주 뒷다리 부유군이 $1375.00 \pm 233.59 \mu m^2$ 이었다. 4주 정상활동 후 1주 뒷다리 부유군이 대조군에 비해 27.41% 유의하게 감소하였고($p=0.0374$) 4주 운동군이 대조군에 비해 2.30% 증가하는 경향이였으며 4주 운동후 1주 뒷다리 부유군이 4주 운동군에 비해 21.39% 감소하는 경향이였고 4주 운동후 1주 뒷다리 부유군이 대조군에 비해 19.58% 감소하는 경향이였다. 4주 운동후 1주 뒷다리 부유군이 4주 정상활동후 1주 뒷다리군에 비해 10.78% 증가하는 경향이였다.

Table 6. Fiber type distribution and cross-sectional area of soleus(S) and plantaris(P) muscle in 4-week sedentary(4S), 4-week sedentary plus 1-week hindlimb suspended(4SH), 4-week exercise(4E), 4-week exercise plus 1-week hindlimb suspended(4EH) rats.

Fiber type	4S		4E		4EH		4SH	
	S	P	S	P	S	P	S	P
I	81.22	22.93	76.75	7.46	75.96	14.76	77.27	11.25
II	18.67	77.07	23.38	92.54	23.84	85.26	22.73	88.75
Fiber Cross-Sectional Area(μm^2)								
I	2577.67 ± 323.84	1293.00 ± 285.88	2807.25 ± 827.72	1030.00 ± 117.99	1367.40 $\pm 180.15^{**}$	910.00 $\pm 133.04^{+***}$	1322.67 $\pm 389.01^{**}$	768.40 $\pm 59.52^{**}$
II	1711.50 ± 226.82	1709.83 ± 420.14	1911.75 ± 344.72	1749.20 ± 432.97	1108.00 $\pm 169.94^{***}$	1375.00 $\pm 233.59^{+***}$	1263.67 $\pm 181.12^{**}$	1241.17 $\pm 279.85^*$

Value are means \pm S.D

* Significantly different from control value($p<0.05$)

** Significantly different from control value($p<0.01$)

+ Significantly different between 4SH and 4EH($p<0.05$)

° Significantly different between 4SH and 4EH($p<0.01$)

IV. 고 찰

본 연구에서 체중의 변화는 4주 대조군이 13.59%, 5주 대조군이 15.46%, 4주 정상활동후 1주 뒀다리 부유군이 3.77%, 4주 운동군이 20.58%, 4주 운동후 1주 뒀다리 부유군이 14.82% 증가하였다. 이와같이 뒀다리 부유군이 대조군에 비해서 체중의 증가가 미미했고 운동후 뒀다리 부유군이 운동군에 비해서 현저한 체중의 감소를 보이지 않았다. 이는 활동을 제한시키면 체중증가가 미미하였다는 Jaspers and Tischler(1984), Musacchia 등(1980)의 결과와 거의 부합되고 있다. 본 실험에서 운동군의 체중증가비율이 큰 것은 다른군에 비해 실험전 체중이 작았고 운동에 의해 근육의 질량이 증가된 것으로 생각된다.

4주 정상활동후 1주 뒀다리 부유로 인해 가자미근의 젖은 무게는 28.29%, 상대 가자미근 무게는 17.65% 감소하였고 족척근의 젖은 무게는 25.7%, 상대족척근 무게는 13.47% 감소하였으며 비복근의 젖은 무게는 29.14%, 상대비복근은 17.28%의 감소를 보였는데 이러한 결과는 활동저하에 의해 가자미근의 질량이 감소하였다는 Musacchia 등(1981, 1983), Kasper 등(1982a), Templeton 등(1984), 최(1991), 최 등(1992, 1994)의 보고, 족척근 질량이 감소하였다는 Musacchia 등(1981), 최 등(1992, 1994)의 보고와 뒀다리 부유후 상대가자미근 무게가 감소하였다는 Hauschka 등(1988), Herbert 등(1988), 최(1991), 최 등(1992), 상대족척근 무게가 감소하였다는 최 등(1992, 1994)의 보고와 일치하고 있다.

본 실험결과 7일간의 활동저하로 하지의 체중부하 근육에 위축이 유발되었음을 제시하며 체중부하군에 주로 많은 Type I fiber(slow twitch fibers)가 체중부하 동안에 먼저 동원(recruit)되며 수축빈도의 변화에 아주 민감한 긴장성 활동형태(tonic activity pattern)를 지니므로(Appell, 1986; Henneman et al., 1964; Morey-Holton and ronski, 1981) 이들 근육의 체중부하 역할이 뒀다리 부유에 의해 유의하게 변화되어 자세 근질량이 현저하게 감소되었음을 제시하고 있다.

뒀다리 부유에 의한 활동제한에 의해 하지의 체중부하 근육의 질량이 저하된 것은 단백질합성 저하와 단백질분해의 속도가 증가되어 초래된 것으로(Apell, 1986; Henneman et al., 1965; Morey-Holton and Wronski, 1981; Goldspink, 1977) 설명될 수 있다. Booth(1977)와 Szoor 등(1977)이 근육의 수분비율이 쥐에서

사지부동 동안 변하지 않는다고 보고했으므로 근육무게가 단백질 함량의 유효한 지수(valid index)라는 것을 나타낸다.

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

본 실험결과 7일간의 활동저하로 가자미근의 근원섬유 단백질 함량이 감소하는 경향이있었으며 족척근과 비복근은 큰 변화가 없었다. 이는 활동저하의 효과가 자세근중에서 가자미근에 현저하게 나타난다는 것을 제시하고 있다. 활동저하로 근원섬유 단백질 함량이 줄어든 것은 뒀다리 부유가 자세유지에 관여하는 근육의 slow myosin content와 slow twitch properties의 상실을 유발하며(Fell et al., 1985; Fitts et al., 1986; Templeton et al., 1984) 체중부하의 결여는 slow myosin의 expression을 억제하는(Tsika et al., 1987) 것으로 설명될 수 있다.

4주 지구력훈련으로 가자미근의 근원섬유 단백질 함량이 증가하였고 족척근과 비복근의 질량과 근원섬유 단백질 함량은 큰 변화가 없었다. 이러한 결과는 지구력 훈련에 의해 가자미근의 비후가 주로 나타났음을 제시한다. 이는 가자미근이 Type I 운동단위로 구성되며, Type I 운동단위를 지배하는 운동뉴런의 크기가 작아 단위면적당 장력이나 부하증가에 대해 Type I 근육이 먼저 동원되고, 족척근의 Type II 운동단위를 지배하는 운동뉴런은 흥분성역치가 높아 강도가 큰 운동부하시에 동원되는(Henneman et al., 1965) 것으로 설명될 수 있다. 트레드밀(treadmill)에서 운동시켜 가자미근의 무게가 증가했다(Goldberg, unpublished observation)는 관찰이 지구력 훈련군의 가자미근 질량이 대조군에 비해 컸다는 본연구의 결과를 뒷받침하는 것으로 생각된다.

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

4주 운동후 1주 뒀다리 부유군이 대조군에 비해 가자미근, 족척근, 비복근의 질량과 상대근 무게가 감소하였으며 4주 운동후 1주 뒀다리 부유군이 4주 정상활동후 1주 뒀다리 부유군에 비해서는 가자미근, 족척근, 비복근의 질량과 근원섬유 단백질 함량이 증가되었으므로 근 위축 발생선의 지구력훈련으로 근위축유발상황에서 근 위축을 줄일 수 있음을 제시한다.

운동이 위축근의 위축정도를 줄였다는 본 연구의 결과는 체중지지와 운동이 뒀다리 부유시 초래된 가자미근 질량과 근원섬유 단백질 함량의 감소를 줄였다는 Thomason 등(1987)의 보고 및 뒀다리 부유중 수기적으로 낮은 강도의 운동을 부하하는 것이 뒀다리부유에 의해 저하된 가자미근과 족척근의 질량이 증가하였다는 최 등(1994)의 보고와 어느정도 부합되고 있다.

운동으로 위축뒀다리근의 근원섬유 단백질 함량의 감소가 줄었다는 본 연구의 결과는 뒀다리 부유동안 꼬리에 추를 달아 grid를 오르게 하는 활동이 근조직 1g당 정상단백농도와 장력을 유지시키고(Herbert et al., 1988) 비활동적인 가자미근을 신전(stretch) 시킨결과 RNA함량과 단백질 합성속도가 증가하였다는 보고(Loughna et al., 1986)와 활동저하기간동안 간헐적으로 운동을 부하하는 것이 위축가자미근과 위축족척근의 근원섬유 단백질 함량을 증가시켰다는 보고(최 등, 1994)에 비추어 합당한 결과로 받아들여 진다. 이는 기계적 활동(mechanical activity)이 골격근 수축성 단백질의 유지 및 재생에 중요함(Thomason et al., 1987)을 제시하고 있다.

본 연구결과 대조군, 4주 정상활동 후 1주 뒀다리 부유군, 4주 운동군, 4주 운동후 1주 뒀다리 부유군간에 가자미근과 족척근의 Type I, II fiber의 분포에 차이가 없었다.

이러한 결과는 부동뒀다리근육에서 Type I fiber도 염색되는 근섬유 비율이 유의하게 저하되었으며 가자미근에서 선택적으로 Type I fiber에 위축이 초래되었다는 보고(Templeton et al., 1984)와는 차이를 보이고 있다. 28일간의 뒀다리 부유로 Type I fiber의 분포비율이 11%저하되었다(Kasper et al., 1990)는 보고와도 일치되지 않았다.

이러한 차이는 본 연구의 뒀다리 부유기간이 7일로 선행연구의 뒀다리 부유기간에 비해 짧았기 때문에 초래된 것으로 생각된다.

근위축유발전 운동을 부하하여도 가자미근과 족척근에서 Type I, II fiber의 분포가 뒀다리 부유군과 차이

가 없었고 대조군과도 차이가 없었다는 본 연구의 결과는 운동강도를 점차 증가시켜 운동한 결과 Type I fiber의 비율이 증가하였다(Holloszy and Booth, 1976)는 보고와 차이를 보이고 있다.

1주 뒀다리 부유로 가자미근의 Type I, II fiber의 횡단면적, 족척근의 Type I, II fiber의 횡단면적이 유의하게 감소하였다. 4주 운동후 1주 뒀다리 부유군이 4주 정상활동후 1주 뒀다리 부유군에 비해 가자미근의 Type I, II fiber의 횡단면적이 증가하는 경향을 나타냈으며 족척근의 Type I fiber의 횡단면적이 유의하게 증가하였으며 Type II fiber의 횡단면적은 증가하는 경향이었다.

뒀다리 부유에 의해 가자미근의 Type I, II fiber의 횡단면적이 유의하게 저하되었다는 본 연구의 결과는 쥐의 뒀다리를 부하시켜 근육에 가해지는 부하를 1-5주간 서하시킨 후 족저굴곡근(plantar flexor muscle)의 근섬유 횡단면적이 유의하게 저하되었다(Desplanches et al., 1987; Musacchia et al., 1980; Templeton et al., 1988; Winiarski et al., 1987)는 보고와 일치한다.

Graham 등(1989), 최 등(1994)의 연구에서 뒀다리 부유후 내측비복근의 Type I, II fiber의 횡단면적이 유의하게 줄었다는 보고와 본연구 결과를 통해 활동저하에 의해 Type II 근육의 근섬유 횡단면적도 저하된다는 것을 시사하고 있다.

본 연구결과 가자미근에서 Type I fiber의 횡단면적이 Type II fiber의 횡단면적에 더 큰 영향을 받았음을 나타내고 있다. 이는 가자미근에서 Type I fiber가 Type II fiber에 비해 뒀다리 부유에 더 민감하다(Graham et al., 1989; Hauschka et al., 1988)는 결과에 의해 뒷받침된다.

족척근에서도 Type I fiber의 횡단면적이 Type II fiber의 횡단면적에 비해 더 큰 영향을 받았음을 나타내고 있으며 이러한 결과는 Type II 근육에서도 Type I fiber가 Type II fiber에 비해 큰 영향을 받았다는 최 등(1994)의 결과와 부합되고 있다.

4주 운동후 1주 뒀다리 부유군이 4주 정상활동 후 1주 뒀다리 부유군에 비해 가자미근의 Type I fiber 횡단면적이 큰 경향을 나타냈고 Type II fiber 횡단면적이 작은 경향이었으며 족척근의 Type I fiber 횡단면적이 유의하게 컸고 Type II fiber 횡단면적이 큰 경향을 나타냈다.

4주간의 지구력 운동에 의해 근위축 유발상황에서 가

자미근과 족척근의 Type I fiber의 횡단면적이 정상활동 후 근위축 유발상황에 비해 컸다는 결과는 지구력 운동에 의한 근육비후가 위축유발상황에서 위축정도를 감소시킨 것을 시사하며 지구력 운동으로 Type I fiber가 Type II fiber에 비해 더 큰 영향을 받았음을 제시하고 있다.

본 실험의 연구결과는 근위축 발생전의 지구력 훈련으로 위축 뒷다리근의 질량, 근원섬유 단백질 함량, 위축가자미근과 위축족척근의 Type I, II fiber의 횡단면적감소 정도를 줄였으므로 근위축 발생전의 지구력 훈련이 위축하지근의 위축정도를 경감시킬 수 있음을 제시해주고 있다.

V. 결 론

근위축의 문제는 입원환자에 국한되지 않고 지역사회에서 질병이나 통증, 피로, 호흡곤란과 같은 증상에 의해 활동이 저하되는 경우 위축발생의 위험성이 크다고 볼 수 있으며 노인인구의 증가로 노인들의 활동부족에 의한 근위축이 문제되고 있다. 이러한 문제를 해결하는 방안으로 근위축의 위험이 예견되는 상황에서 규칙적인 운동이 절실하게 요구된다고 생각되어 운동훈련으로 근세포가 비후되고 유산소 대사와 활격근 산화능력이 증가된다는 선행연구 결과를 토대로 근위축 발생전의 지구력 훈련이 근위축 유발상황에서 위축발생을 줄일 수 있을 것이라는 가정하에 근위축 발생전의 지구력 훈련이 위축 뒷다리근의 질량, 상대근 무게 및 근원섬유 단백질 함량에 미치는 영향을 비교 분석하여 다음과 같은 결과를 얻었다.

1. 4주 정상활동 후 1주 뒷다리 부유군이 가자미근, 족척근 및 비복근의 젖은 무게, 상대근무게가 유의하게 감소하였으며 근원섬유 단백질 함량에는 큰 변화가 없었다.

2. 4주 운동군이 4주 대조군에 비해 가자미근과 상대가자미근 무게가 증가하는 경향이었고 족척근, 상대족척근, 비복근, 상대비복근은 감소하는 경향이였다. 근원섬유 단백질 함량은 가자미근, 족척근 및 비복근에서 각각 증가, 감소, 증가하는 경향이였다.

가자미근과 족척근의 Type I, II fiber의 분포비율에 차이가 없었으며 가자미근의 Type I, II fiber의 횡단면적과 족척근의 Type II fiber의 횡단면적이 증가하는 경향이였다.

3. 4주 운동 후 1주 뒷다리 부유군이 대조군에 비해 가

자미근, 족척근, 비복근의 젖은 무게와 상대근무게가 유의하게 감소하였으나 근원섬유 단백질 함량은 증가하였다. 가자미근과 족척근의 Type I, II fiber의 분포비율에 차이가 없었으며 가자미근의 Type I, II fiber의 횡단면적이 유의하게 감소하였고 족척근의 Type I fiber의 횡단면적이 유의하게 감소하였으며 Type II fiber의 횡단면적이 감소하는 경향이였다.

4. 4주 운동 후 1주 뒷다리 부유군이 4주 정상활동 후 1주 뒷다리 부유군에 비해 가자미근과 족척근의 젖은 무게, 상대근 무게가 증가하는 경향이었고 비복근과 상대비복근은 유의하게 증가하였으며 근원섬유 단백질 함량은 가자미근과 족척근에서는 유의하게 증가하였고 비복근은 증가하는 경향이였다. 가자미근과 족척근의 Type I, II fiber의 분포비율에 차이가 없었고 가자미근의 Type I fiber의 횡단면적은 증가하는 경향이였으며 족척근의 Type I fiber의 횡단면적이 유의하게 증가하였고 Type II fiber의 횡단면적이 증가하는 경향이였다.

이상의 결과로 근위축 발생전의 지구력 훈련이 활동저하에 의해 초래된 가자미근, 족척근, 비복근의 무게와 근원섬유 단백질 함량 및 가자미근과 족척근의 Type I, II fiber의 횡단면적 감소를 줄일 수 있을 것으로 생각된다.

간호학적 적용

근위축의 문제는 입원환자에 국한되지 않고 지역사회에서 질병이나 통증, 피로, 호흡곤란 같은 증상에 의해 활동이 저하되는 경우 그 위험성이 크며 노인인구의 증가로 노인들의 활동부족에 의한 근위축이 문제가 되고 있다. 이러한 근위축은 적절한 간호로 예방될 수 있으나 일단 근위축이 발생하면 회복에 요하는 시간이 길어지며 일상생활 동작수행 능력이 저하된다.

신체활동의 증진과 자기간호활동을 유지시키는 것이 간호의 주요한 기능이라는 관점에서 지구력 훈련이 근위축의 위험이 예견되는 상황에서 위축을 줄일 수 있는 방안이 될 수 있음을 알고 이해함으로써 근위축이 예견되는 상황에서 운동을 계획하고 중재할 수 있으리라고 생각된다.

본 동물 실험결과를 근거로 하여 근위축이 예견되는 상황에서 실시한 지구력 운동이 하지근의 위축정도를 줄이는 것에 대한 임상실험연구가 필요하다고 생각된다.

참 고 문 헌

- 문명상(1979). 슬관절 질환 환자의 재활요법, 대한재활의학회지, 3(2), 41-44.
- 채영란(1993). 고관절 전치환술 환자의 수술후 활동저하가 하지근 위축에 미치는 영향, 서울대학교 간호학 석사학위논문.
- 최명애, 박상철, 고창순(1994). 주기적인 낮은 강도의 운동부하가 뒷다리부유쥐의 Type I, II 근육에 미치는 영향, 대한스포츠의학회지, 12(1), 182-196.
- 최명애, 박상철, 고창순(1992). 지구력 훈련이 위축골격근과 그 산화능력에 미치는 영향, 대한스포츠의학회지, 10(2), 151-162.
- 최명애(1991a). 운동이 위축가자미근의 질량과 상대가자미근 무게에 미치는 영향, 간호학회지, 21(3), 281-294.
- 최명애, 지재근, 김은희(1994). 간헐적인 낮은강도, 짧은기간의 운동부하가 뒷다리부유쥐의 Type II 근육에 미치는 영향, 한국과학재단연구보고서.
- Apell, H.J.(1986). Skeletal muscle atrophy during immobilization, Int. J. Sports Med., 7, 1-5.
- Booth, F.W. and Seider, M.J.(1980). Effects of disuse by limb immobilization on different muscle fiber types, Plasticity of Muscle.
- Booth, F.W. and Seider, M.J.(1979). Recovery of skeletal muscle after 3 of hindlimb immobilization in rats, J. Appl. Physiol. 47, 435-439.
- Booth, F.W.(1977). Time course of muscular atrophy during immobilization of hindlimbs rats, J. Appl. Physiol. 43(4), 656-661.
- Booth, F.W.(1982). Effect of limb immobilization on skeletal muscle, J. Appl. Physiol. 52(5), 1113-1118.
- Desplanches, D., Mayer, M.H., Sempore, B., Frutoso, J. and Flandrios, R.(1987). Effect of Spontaneous recovery or retraining after hindlimb suspension on aerobic capacity, J. Appl. Physiol. 63, 1739-1743.
- Dock, W.(1944). The evil sequelae of complete bed rest. A.M.A. 125, 1083-1085.
- Fell, R.D., Steffen, J.M. and Musacchia, X.J.(1985). Effect of hypokinesia/hypodynamia on rat muscle oxidative capacity and glucose uptake. Am. J. Physiol. 249(Rerulatory Integrative Comp. Physiol. 18), R308-R312.
- Fitts, R.H., Metzger, J.M. Riley, D.A. and Unsworth, B.R.(1944). Models of disuse a comparison of hindlimb suspension and immobilization.
- Fulks, R.M.J.B.L. and A.L. Goldberg(1975). Effects of insulin, glucose and aminoacids on protein turnover in rat diaphragm, J. Biol. Chem., 250, 290-298.
- Goldberg, A.L. and Goodman, H.M.(1969). Relationship between cortisone and muscle work in determining muscle size, J. Physiol. London, 200, 667-675.
- Goldberg, A.L.(1967). Protein synthesis in tonic and phasic skeletal muscle, Nature, 216, 1219-1220.
- Goldberg, A.L.S.M. Martel and M.J.Kushmerick (1975). In vitro preparation of the diaphragm and other skeletal muscles, Method enzymology : hormones and cyclic nucleotides, Eds. B.W.O. Malley and J.G. Hardman, Academic, New York.
- Gldspink, D.F., Morton, A.J., Loughna, P. and Goldspink, G.(1977). The effect of hypokinesia and hypodynamia on protein turnover and the growth of four skeletal muscle. J. Physiol. 264, 267-282.
- Graham, S.C., Roy, R.R., Hauschka, E.O. and Edgerton, V.R.(1989). Effects of periodic weight support on medial gastrocnemius fibers of auapended rats, J. Appl. Physiol. 67(3), 945-953.
- Greenleaf, J.F., E.M. Bernauer, L.T., Julios, H.L. Young, J.T. Morse, R.W. Staley.(1977). Effects of exercise on fluid exchange and body composition in man during 14-day bed rest, J. Appl. Physiol. 43(1), 126-132.
- Hauschka, E.O., Roy, R.R. and Edgerton, V.R (1988). Periodic weight support effects on rat soleusfibers after hindlimb suspension, J. Appl. Physiol. 60(3), 1231-1237.
- Henneman, E., Somjen, C.G. and Carpenter, D.O.

- (1965). Functional significance of cell size in spinal motor neurons. J. Neurophysiol. 28, 599-620.
- Herbert, M.E., Roy, R.R. Hodgson, J.A. and Edgerton, V.R.(1988). Influence of one week hindlimb suspension and intermittent high load exercise on rat muscles, Exp. Neurol. 102, 190-198.
- Hung, J., Goldwater, D., Covjertino, J.A., Mckiiop, J.H., Goris, M.L. and DeBusk, R.F.(1982). Mechanisms for decreased exercise capacity after bed rest in normal middle-aged men, Am. J. Cardiol. 51(January 15), 344-348.
- Jaspers, S.R. and Tischler, M.E.(1984). Atrophy and growth failure of rat hindlimb muscles in tail-cast suspension, J. Appl. Physiol. 57(5), 1472-1479.
- Joki, P. & S. Konstadt(1983). Effect of hindlimb immobilization on muscle function and protein composition. Clin. Orthop. 174, 222-228.
- Kasper, C.E., White, T.P. and Maxwell, L.C. (1982a). Adaptation of rat skeletal muscle to hypokinesia, The physiologist. 25(4), 260(Ab-stract No. 35. 9).
- Lindboe, C.F. and C.S. Platou(1984). Effect of immobilization of short duration on the muscle fiber size, Clin. Physiol. 4, 183.
- Loughna, P., Goldspink, G. and Goldspink, D. F. (1986). Effect of inactivity and passive stretch on protein turnover in phasic rat muscles, J. Appl. Physiol. 61, 173-179.
- Maier, A., J.L. Crookett, D.R. Simpson, S.W. Saubert, IV, & V.R. Edgerton(1976). Properties of immobilized guinea pig and limb muscles, Am. J. Physiol. 231, 1520-1526.
- Morey-Holton, E. and Wronski, T.J.(1981). Animal models for simulating weightlessness, The Physiologist, 24(Suppl. 6), 45.
- Muller, E.A.(1970). Influence of training and of inactivity on muscle strength, Arch. Phys. Med. Rehab. 51, 449-462.
- Musacchia, X., Steffen, J. and Deavers, D.(1983). Rat hindlimb muscle responses to suspension hypokinesia / hypodynamia, Aviat. Space Environ. Med. 54, 1015-1020.
- Musacchia, X.J., Deaver, D.R., Meininger, G.A. and Davis, T.P.(1980). A model for hypokinesia : Effects on muscle atrophy in the rat, J. Appl. Physiol. : Respirat. Environ. Exercise Physiol. 48, 479-486.
- Musacchia, X. J., J. M. Steffen and D. R. Deavers (1981). Suspension restraint : induced hypokinesia and antiorthostasis as a simulation of weightlessness, The physiologist. 246(suppl.).
- Roberts, D. and D.J. Smith(1989). Biochemical aspects of peripheral muscle fatigue : A review. Sports Med. 7, 125-138.
- Sandler, H., R.L. Popp and D.C. Harrison(1988). The hemodynamic effects of repeated bed rest exposure, Aviat. Space Environ. Med. (November), 1047-1054.
- Steffen, J. and Musacchia, X.J.(1984). Effect of hypokinesia and hypodynamia on protein, RNA and DNA in rat hindlimb muscles, Am. J. Physiol. 247, R728-R732.
- Szöör, A., Boross, A., Hollosi, G., Szilagyi, T., and Kesztyus, L.(1977). Experimental investigations on hypokinesia of skeletal muscle with different functions. I. Changes in muscle weight, protein, and contractile properties. Acta Biologica Academiae Scientiarum Hungaricae. 28(2). 195-204.
- Templeton, G.H., Padalino, M., Manton, J., Glasberg, M., Silver, C.J., Silver, P., DeMartino, G., Leconey, T., Klug, G., Hagler, H. and Sutko, J.L.(1984). Influence of suspension hypokinesia on rat soleus muscle, J. Appl. Physiol. 56(2), 278-286.
- Templeton, G.H., Sweeney, H.L., Timxon, B.F., Padalino, M. and Dudenhocffer, G.A.(1988). 4 Changes in fiber composition of soleus muscle during rat hindlimb suspension, J. Appl. Physiol. 65, 1191-1195.
- Thomason, D.B., Herrick, R.E. and Baldwin, K.M. (1987). Activity influences on soleus muscle myosin during rodent hindlimb suspension, J. Appl. Physiol. 63, 138-144.
- Tsika, R.W., Herrick, R.E., and Baldwin, K.M.

- (1987). Interaction of compensatory overload and Hindlimb suspension on myosin isoform expression. *J. Appl. Physiol.* 62(6), 2180-2186.
- Tucker, K.R., Seider, M.J. and Booth, F.W. (1981). Protein synthesis rates in atrophied gastrocnemius muscles after limb immobilization, *J. Appl. Physiol. : Respirat. Environ. Exercise Physiol.* 51(1), 73-77.
- Watson, P.A., Stein, J.P. and Booth, F.W. (1984). Changes in actin synthesis and actin m-RNA content in rat muscle during immobilization, *Am. J. Physiol.*, 247, C39-C44.
- Winiarski, A.M., Roy, R.R., Alford, E.K., Chiang, P.C. and Edgerton, V.R. (1987). Mechanical properties of rat skeletal muscle after hindlimb suspension. *Exp. Neurol.* 96, 650-660.

- Abstract -

Key concept: Rat, Hindlimb Muscle, Endurance Exercise

Effect of Endurance Exercise Prior to Occurrence of Muscle Atrophy on the Mass, Myofibrillar Protein Content and Fiber Crosssectional Area of Atrophied Hindlimb Muscles of Rats

Choe, Myoung Ae*

The purpose of this study was to determine the effect of endurance training prior to occurrence of muscle atrophy on the mass, myofibrillar protein content and fiber crosssectional area of atrophied hindlimb muscles of rats.

Adult female Wistar rats were trained prior to occurrence of muscle atrophy induced by hindlimb suspension. Training began on the 1st day for 10min/day at 15m/min on a 0% grade, training exercise increased daily in time and intensity so that by the 4th week rats were running 60min/day, at 34m/min on a 13.5% grade.

Wet weight and relative weight of soleus, plan-

taris and gastrocnemius muscle decreased significantly after seven days of hindlimb suspension. Wet weight and relative weight of soleus tended to increase and that of plantaris and gastrocnemius tended to decrease in the exercise group as compared to the control group. Myofibrillar protein content of soleus and gastrocnemius tended to increase and that of plantaris tended to decrease in the endurance trained group as compared to the control group. Fiber crosssectional area of Type I, II fiber in soleus and plantaris muscle tended to increase in the exercise group as compared to the control group.

Wet weight and relative weight of soleus, plantaris and gastrocnemius decreased significantly, myofibrillar protein content of soleus, plantaris and gastrocnemius increased in hindlimb suspended rats following endurance training as compared to the control group. There was no change in fiber type percentage and crosssectional area of type I and II fiber in soleus muscle and that of type I and II fiber in plantaris muscle decreased in the hindlimb suspended rats following endurance training as compared to the control group.

Wet weight and relative weight of soleus and plantaris tended to increase, that of gastrocnemius increased significantly, myofibrillar protein content of soleus and plantaris muscle increased significantly and that of gastrocnemius tended to increase in the hindlimb suspended rats following endurance training as compared to sedentary rats following endurance training. Crosssectional area of type I fiber of soleus muscle tended to increase, that of type I fiber of plantaris muscle increased significantly and that of type II fiber tended to increase in hindlimb suspended rats following endurance training as compared to sedentary rats following endurance training.

The results suggest that endurance training prior to occurrence of muscle atrophy can attenuate the decrease of mass, myofibrillar protein content and fiber crosssectional area induced by hindlimb suspension.

* College of Nursing, Seoul National University
Seoul, Korea.
Tel : 02-740-8824