

주요개념 : 주기적인 보행, 어린뒷다리부유쥐, Type II 근육

주기적인 보행이 성장하는 어린뒷다리부유쥐의 Type II 근육에 미치는 효과*

최 명 애**

I. 서 론

1. 연구의 필요성

간호는 치료과학인 동시에 예방과학이다. 부적절한 피부간호나 구강간호에 의한 합병증으로부터 환자를 보호하는 것이 간호사의 책임이라는 점은 모든 사람이 인정하고 있으나, 활동결여에 의한 합병증으로부터 환자를 보호해야 한다는 간호사의 책임은 널리 받아들여지지 않고 있다. 침상안정 후에 환자들은 침상안정하기 전에는 건강했던 근육의 근력감소와 관절의 경직을 호소한다. 이러한 문제는 효과적인 운동프로그램을 통해 예방될 수 있는 합병증들로서, 만약 예방되지 못하면 기능 회복에 요하는 시간이 연장되고 입원기간이 길어진다.

골격근은 체중의 40%를 차지하고 불사용(disuse)과 활동저하(inactivity)에 의해 근육의 크기와 근섬유 형태가 변화된다. 침상안정, 활동저하, 석고붕대적용, 신경지배의 상실에 의해 근육사용이 줄어들면 근질량의 상실을 초래하여 1-2개월간의 불사용(disuse)으로 근육의 크기가 정상크기의 반으로 줄어든다. 침상안정동안 하지의 항중력근이 가장 영향을 받으며 이것은 임상적으로 사지둘레의 감소, 근육분해산물의 소변배설, 근력저하로 명백해진다(Sandler, 1986).

침상안정이 체중부하근육에 미치는 효과를 모방하는

뒷다리부유방법을 이용하면 뒷다리에 체중부하가 없고 뒷다리 사용이 제한되므로 뒷다리근의 위축을 유발시킬 수 있다. 쥐의 뒷다리를 부유시켜 쥐뒷다리근에 위축이 유발됨을 근질량의 저하, 횡단면적의 저하(Desplanches et al., 1987; Musacchia et al., 1980; Templeton et al., 1984, 1988; Winiarski et al., 1987), 단백질 함량의 감소(Steffen and Musacchia, 1984)로 증명하였다.

근육수축 활동의 저하는 두가지 요소-기계적 부하저하와 수축활동의 저하-를 포함한다. 기계적 부하는 체중을 부하할때 발생하며 수축활동은 사지운동시의 근육수축작용이다.

입원한 환자들은 주로 침상안정을 하게 되므로 이 두가지 요소중 한가지 요소의 제한이 있거나 두가지 요소 모두의 제한이 있다. 또한 병원환경이 활동이 가능한 환자가 그들의 일상생활 동작 수준을 효과적으로 줄여서 수행할 수 있도록 되어 있어 골격근 위축 발생의 위험이 크며 입원에 의한 활동저하로 하지근에 위축이 초래되었음을 입증하였다(최, 1991b).

특히 아동환자의 경우 성인환자에 비해 일상생활 동작의 대부분을 보호자에게 의존하고 있어 활동저하의 정도가 더욱 심하므로 근위축 발생가능성이 더 크다고 볼 수 있다.

이러한 문제를 해결하는 방안의 하나가 환자의 급성

* 본 연구는 1991년도 한국 건강 과학재단의 연구지원비에 의하여 연구되었음.

** 서울대학교 간호대학 교수

적인 문제 해결을 하는 동안에도 가능한 범위내에서 체중을 부하시키거나 운동을 수행시켜 골격근의 위축정도를 경감시키는 것이라고 할 수 있다.

국내에서 활동저하기간동안 낮은 강도의 주기적인 운동으로 발달 중인 Type I 근육의 위축이 감소될 수 있다(최와 지, 1993)는 보고가 유일하였으며 발달 중인 Type II 근육의 위축을 경감시키려는 노력은 국내·외적으로 전무한 실정이다.

임상에서 발달 중인 하지근 위축의 상호중재로 운동을 이용하려면 침상안정기간 중의 계획된 운동이 발달 중인 위축근에 미치는 영향에 관한 지견을 얻는 일이 필요하다고 생각된다. 그러므로 성장중인 뒷다리부유쥐에서 주기적으로 보행시켜 하지근 위축이 경감되는지를 연구할 필요가 있다고 생각한다.

성숙 쥐에서 뒷다리 부유 중 주기적인 낮은 강도의 운동이 뒷다리 부유에 의해 저하된 족척근의 위축을 줄일 수 있다(최 등, 1994, 1995)는 실험결과를 토대로 성장 중인 어린 쥐에서 활동저하기간동안 주기적으로 보행시키는 것이 Type II 근육의 위축을 경감시키는지를 연구해 볼 필요성이 증대되었다.

본 연구에서 동물 모형을 이용한 것은 인간에서는 특정 근육을 절제하여 질량을 측정하는 것이 불가능하기 때문이다.

2. 연구목적

본 연구는 성장중인 어린쥐에서 7일간의 뒷다리부유 중 주기적인 보행이 족척근의 질량, 상대족척근무게, Type I, II fiber의 분포비율 및 횡단면적에 미치는 영향을 밝히고자하며 구체적인 목적은 다음과 같다.

1. 7일간 뒷다리를 부유한후 발달중인 족척근의 질량과 상대족척근무게, Type I, II fiber의 분포비율 및 횡단면적이 저하되는가를 분석한다.
2. 뒷다리를 부유 하는동안 주기적으로 보행시켜 발달 중인 족척근의 질량과 상대족척근무게, Type I, II fiber의 분포비율 및 횡단면적이 뒷다리부유시에 비해 증가되는가를 분석한다.
3. 뒷다리를 부유 하는 동안 주기적으로 보행시켜 발달 중인 족척근의 질량과 상대족척근무게, Type I, II fiber의 분포비율 및 횡단면적이 대조치로 회복되는가를 분석한다.

II. 연구대상 및 방법

1. 연구 대상

실험동물로 출생시기가 비교적 같은 female Wistar rats(N=15, 체중=97.54±7.56g)를 사용하였다.

대조군과 실험군을 동일한 환경에 수용하였고 circadian rhythm을 위해 12시간은 밝고 12시간은 어둡게 하였으며 쥐사료(고형사료)와 물을 마음대로 먹게 하였다.

2. 실험 설계

실험동물은 무작위로 대조군, 뒷다리 부유군, 보행군 3군으로 구분하였다.

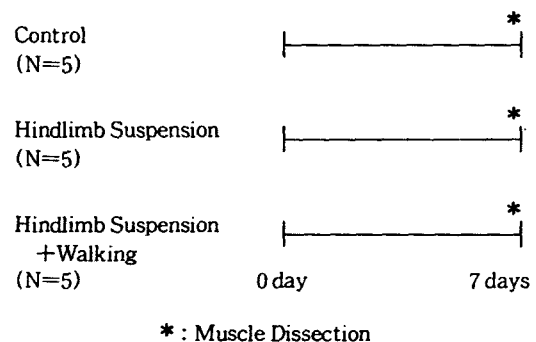


Figure 1. Experimental Design

대조군은 뒷다리를 부유하지 않은 정상적으로 활동을 했던 군이며 뒷다리 부유군은 뒷다리를 부유했던 군이고 보행군은 뒷다리를 부유하는 동안 주기적으로 체중을 부하했던 군이다. 세군 모두 실험 시작일로 부터 7일째에 족척근을 절제하였다.

3. 실험 방법

1) 뒷다리 부유(hindlimb suspension)

최 등(1992)이 변형시킨 방법을 이용하여 뒷다리를 부유시켰다. 이 모형에서 꼬리부유장치(tail suspension device)를 꼬리의 근위 1/2부위에 다음과 같은 방법으로 적용하였다. 꼬리를 비눗물로 닦은후 공기 건조기(air blower)로 말리며 75% 에틸알콜(ethyl alcohol)

로 닦고 건조시킨 후 benzoin tincture를 분무시켜 다시 건조시켰다. 피부견인테이프(skin traction tape)을 꼬리를 덮을 수 있는 폭으로 잘라 꼬리에 부착시킨 후 스타키넷(stockinette)으로 감싸고 반창고로 고정시켰다. 꼬리에 부착시킨 테이프의 중간에 고리를 넣고 이 고리에 안전핀을 찌른 후 cage 천정에 장치한 회전고리(swivel hook)에 연결시켰다.

쥐의 뒷다리가 약간 상승되도록 하는 높이로 고정시켜 뒷다리가 cage바닥에 닿지 않도록 하며 앞다리는 자유롭게 움직일 수 있어 스스로 먹고 마실 수 있었다.

이 방법은 비침투적(noninvasive)이며 침상안정이 체중부하 근육에 미치는 효과를 모방하고 이 방법에 의해 유발되는 변화는 뒷다리에 체중부하가 없고 뒷다리 사용이 제한되어 초래되는 결과라고 할 수 있다. 즉 침상안정을 하는 사람에 있어 체중부하 결여 정도와 운동 제한의 정도가 거의 유사하다고 볼 수 있다.

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

2) 뒷다리 부유동안 주기적인 보행

뒷다리를 부유하는 동안 15° 경사의 treadmill에서 6시간 마다 1분에 5m속도로 15분동안 서서히 걸게하였다(Hauschka et al., 1988; Pierotti et al., 1987). 이 속도는 서서히 계속적으로 걷는 속도에 해당하며 꼬리 부유 장치에 의한 무게가 부가적으로 부하되는 상태로 보행을 하게 되는 셈이었다.

3) 근육절제와 질량측정

각군의 동물을 pentobarbital sodium(50mg/Kg i.p.)으로 마취시킨 후 양쪽 뒷다리에서 족척근을 절제한 후 생리식염수로 rinse시켰으며 지방조직과 골체조직을 신중하게 잘라낸 후 절제된 족척근의 젖은 무게(wet weight)를 microbalance (Mettler PE160)에서 측정하였고 상대 족척근 무게는 근육절제전 체중에 대한 족척근의 절대 무게비율로 산출했다.

4) Myosin-ATPase 조직 화학

근섬유 형태를 구분하기 위해 실시하였다. 설암자를 적당한 크기로 잘라 OCT compound를 바르고 이위에 절제된 근육을 올려놓은 후 액체질소로 -160℃까지 냉

각된 isopentane용액에서 급속 냉동시킨 후 -25℃의 Cryostat에서 냉동보관된 족척근의 중간부위를 5mm두께로 잘라내어 세로로 방향을 잡아 OCT compound를 이용하여 mold에 포매(embedding)한 후 10 μ m두께로 잘라 슬라이드에 mount하였다. 실온에서 30-60분 동안 공기로 건조시킨 후 조직화학염색을 실시하였다.

a. preincubation 용액

20mM sodium barbital

36mM CaCl₂

100ml glass distilled water

b. ATPase incubation medium

20mM sodium barbital

18mM CaCl₂

0.2205g sodium ATP

c. 절차

- ① 실온에서 preincubation용액을 pH 10.4로 조정하여 이 용액에 15분간 incubation 시켰다.
- ② ATPase medium 용액을 pH 9.4로 조정하여 이 medium에서 37℃, 30분간 incubation 시켰다.
- ③ 1% CaCl₂ 용액으로 2분간 3회 반응시켰다.
- ④ 2% CoCl₂ 용액으로 1분간 2회 반응시켰다.
- ⑤ 증류수로 4회 수세하였다.
- ⑥ 1% ammonium sulfide[(NH₄)₂Sx]용액에서 2분간 반응시킨 후 증류수로 수세하였다.
- ⑦ 70%, 95%, 100% ethyl alcohol 용액을 통과시켜 탈수시켰다.
- ⑧ permount 용액을 염색된 근육 표본에 떨어뜨린 후 덮게 유리로 덮었다.

5) Hematoxylin and Eosin 조직 화학

근육 표면의 전반적인 양상과 핵의 정상분포에 변화가 있는가를 관찰하고 냉동에 의한 손상여부를 살피기 위해 실시하였다.

a. 절차

- ① Harris Hematoxylin 용액에서 1-2분간 핵을 염색시킨 후 수세하였다.
- ② 1% HCL 용액에 2-3회 담구어 탈색시키고 수세하였다.
- ③ Ammonia water에 넣어 조직을 중화시키고 수세하였다.
- ④ Eosin용액에서 세포질을 염색시켰다.
- ⑤ 70%, 95%, 100% ethyl alcohol 용액을 통과시켜 탈수시켰다.

- ⑥ Xylene 용액을 통과시켰다.
- ⑦ Permunt 용액을 염색된 근육 표본에 떨어뜨린 후 덮개 유리를 덮었다.

6) 근섬유 비율과 단면적 측정

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

각 근섬유의 단면적은 microscopic image analyzer (Leitz, ASM 68k, Netzlar)를 이용하여 200배의 배율 하에서 최소한 100개의 근섬유의 tracings으로 부터 측정하였다. 각 근섬유가 나타내는 상대적 비율은 총근섬유 숫자의 %로 나타내었다.

7) 통계 분석

각군의 Mean±S.D.를 계산하고 각 군의 차이를 Kruskal-Wallis test에 의해 검증하며 두군간의 차이

는 Mann-Whitney U test를 실시하여 검증하였다. 통계적 유의성은 p<0.05 수준에서 채택하였다.

III. 연구 결과

1. 실험시작전 체중과 근육절제직전의 체중 변화

대조군, 뒷다리 부유군, 보행군의 실험시작시의 체중과 근육절제직전의 체중의 변화는 표 1에서 보는 바와 같다.

실험시작시 체중은 대조군이 90.34±5.69g, 뒷다리 부유군이 99.67±6.85g, 보행군이 92.20±4.96g으로 세군간에 차이가 없었고 근육절제 직전의 체중은 대조군이 107.32±10.19g, 뒷다리 부유군이 106.03±14.62g, 보행군이 104.56±9.21g으로 세군간에 차이가 없었다.

실험시작시 부터 근육절제 직전의 체중이 대조군은 18.80%, 뒷다리 부유군이 6.38%, 보행군이 13.41% 증가하였다.

TABLE 1. PRE AND POST WEIGHT OF CONTROL, 7-DAY HINDLIMB SUSPENDED(HS) AND 7-DAY HINDLIMB SUSPENDED PLUS WALKING(HS-W) RATS

	Prewt(g)	Postwt(g)	post/pre(%)
Control (n=5)	90.34 ± 5.69	107.32 ± 10.19	118.80
HS (n=5)	99.67 ± 6.85	106.03 ± 14.62	106.38
HS-W (n=5)	92.20 ± 4.96	104.56 ± 9.21	113.41

Values are means ±SD n : number of animals
 Prewt : body weight at the start of experiment
 Postwt : body weight after 7 days

2. 뒷다리 부유중 주기적인 보행이 족척근의 질량과 상대족척근 무게에 미치는 영향

7일간의 뒷다리 부유와 뒷다리 부유중 주기적인 보행이 족척근의 것은 무게와 상대족척근 무게에 미치는 영향은 표 2에 요약된 바와 같다

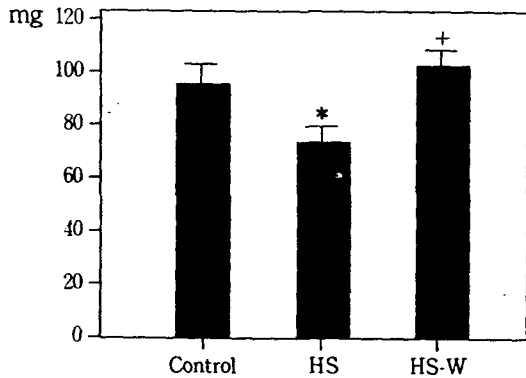
족척근의 것은 무게(wet weight)는 대조군이 96.60±12.74mg, 뒷다리 부유군이 69.17±17.03mg, 보행군이 101.40±9.61mg으로 뒷다리 부유군이 대조군에 비해 28.40% 감소하였고(p=0.0519) 보행군은 뒷다리 부유군에 비해 46.60% 유의하게 증가하였으며(p=0.0173) 보행군과 대조군은 차이가 없었다(표 2, 그림 2).

상대족척근 무게는 대조군이 0.89±0.05, 뒷다리 부유군이 0.65±0.08, 보행군이 0.97±0.07으로 뒷다리 부유

TABLE 2. ABSOLUTE AND RELATIVE PLANTARIS WET WEIGHT IN CONTROL, 7-DAY HINDLIMB SUSPENDED(HS) AND 7-DAY HINDLIMB SUSPENDED PLUS WALKING(HS-W) RATS

	Plantaris wet wt(mg)	Relative plantaris wt(mg/g)
Control (n=5)	96.60±12.74	0.89±0.05
HS (n=5)	69.17±17.03*	0.65±0.08**
HS-W (n=5)	101.40±9.61 ⁺	0.97±0.07 ⁺⁺
HS/Control(%)	71.60	73.03
HS-W/Control(%)	104.97	108.99
HS-W/HS(%)	146.60	149.23

Values are means ±SD n : number of animals
 * Significantly different from control value(p<0.5)
 ** Significantly different from control value(p<0.05)
 + Significantly different from HS value (p<0.05)
 ++ Significantly different from HS value (p<0.005)



* Significantly different from control value (P<.05)
+ Significantly different from HS value (P<.05)

Figure 2. Absolute Plantaris Wet Weight in Control, 7-day Hindlimb Suspended(HS) and 7-day Hindlimb Suspended plus Walking(HS-W) Rats

군이 대조군에 비해 26.97% 유의하게 감소하였고 (p=0.0043) 보행군은 뒷다리 부유군에 비해 49.23% 증가하였으며(p=0.0043) 대조군과 차이가 없었다.

3. 뒷다리 부유중 주기적인 보행이 족척근의 Type I, II fiber의 분포에 미치는 영향

7일간의 뒷다리 부유와 뒷다리 부유중 주기적인 보행이 족척근의 Type I fiber와 Type II fiber의 분포에 미치는 영향은 표 3에 요약된 바와 같다.

TABLE 3. FIBER TYPE DISTRIBUTION OF PLANTARIS MUSCLE IN CONTROL, 7-DAY HINDLIMB SUSPENDED(HS) AND 7-DAY HINDLIMB SUSPENDED PLUS WALKING(HS+W) RATS

	Fiber type		% of fibers
	I	II	
Control (n=5)	15.27	84.73	
HS (n=5)	26.68	73.32	
HS-W (n=5)	19.67	80.33	

족척근의 Type I fiber와 Type II fiber의 분포비율이 대조군에서 각각 15.27%, 84.73% 이었으며 뒷다리 부유군에서 26.68%, 73.32% 이었고 보행군에서 19.69%, 80.33%로 세 군간에 근섬유 분포에 차이가 없었다.

4. 뒷다리 부유중 주기적인 보행이 족척근의 Type I, II fiber의 횡단면적에 미치는 영향

뒷다리 부유중 주기적인 보행이 족척근의 Type I, II fiber의 횡단면적에 미치는 영향은 표 4, 그림 3과 같다

TABLE 4. TYPE I AND II FIBER CROSS-SECTIONAL AREA OF PLANTARIS MUSCLE IN CONTROL, 7-DAY HINDLIMB SUSPENDED(HS) AND 7-DAY HINDLIMB SUSPENDED PLUS WALKING(HS+W) RATS

	Fiber cross-sectional area by type, μm^2	
	I	II
Control (n=5)	1530.14±35.13 (195)	1786.07±18.59 (1078)
HS (n=5)	879.36±9.92*	1005.85±9.25**
HS-W (n=5)	1150.39±17.96*	1468±13.14**
HS/Control(%)	57.49	56.32
HS-W/Control(%)	75.18	82.21
HS-W/HS(%)	130.82	145.97

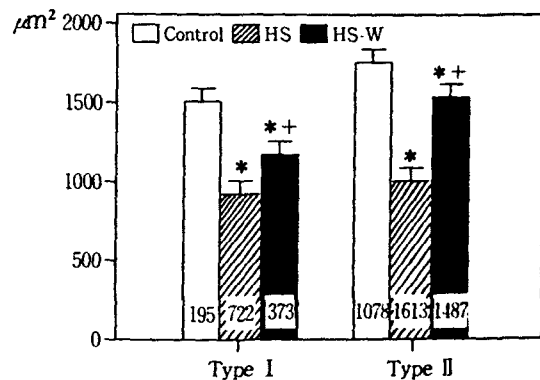
Values of cross-sectional area are means ± SD

n : number of rats

Number of fibers analyzed per group is given in parentheses

* Significantly different from control value (p<0.0001)

+ Significantly different from HS value (p<0.0001)



* Significantly different from control value (P<.0001)

+ Significantly different from HS value (P<.0001)

Figure 3. Mean Fiber Cross-Sectional Area of Type I and II Fibers of Plantaris Muscle of Control, 7-day Hindlimb Suspension(HS) and HS plus Walking(HS-W) Rats

다. Type I fiber의 횡단면적이 대조군에서 $1530.14 \pm 35.13 \mu\text{m}^2$, 뒷다리 부유군에서 $879.36 \pm 9.92 \mu\text{m}^2$, 보행군에서 $1150.39 \pm 17.96 \mu\text{m}^2$ 로 뒷다리 부유군이 대조군에 비해 42.51% 유의하게 낮았고($p=0.0000$) 보행군이 뒷다리 부유군에 비해 30.82% 유의하게 높았으나($p=0.0000$) 대조군에 비해 24.8% 유의하게 낮았다($p=0.0000$).

Type II fiber의 횡단면적은 대조군이 $1786.07 \pm 18.59 \mu\text{m}^2$, 뒷다리 부유군이 $1005.85 \pm 9.26 \mu\text{m}^2$, 보행군이 $1468.26 \pm 13.14 \mu\text{m}^2$ 로 뒷다리 부유군이 대조군에 비해 43.68% 유의하게 낮았고($p=0.0000$) 보행군이 뒷다리 부유군에 비해 45.97% 유의하게 높았으나($p=0.0000$) 대조군에 비해 17.79% 유의하게 낮았다($p=0.0000$).

IV. 고 찰

실험시작시부터 7일후의 체중이 대조군이 18.80%, 뒷다리부유군이 6.38%, 보행군이 13.41% 증가하였다. 이와같이 정상군과 보행군에서 7일동안 체중이 증가되는 경향을 보였고 뒷다리부유군에서는 뒷다리를 부유한 지 7일후 체중의 변화가 거의 없었다. 이는 최와지(1993), Haida등(1989), Corley등(1984), Jaspers and Tischler(1984)의 결과와 거의 부합되고 있다. Haida등(1989)은 이러한 결과를 성장속도의 감소이거나 뒷다리 부유초기의 체중감소에 의한것, 또는 둘다에 의한것으로 설명하고 있다.

7일간의 뒷다리부유에 의한 활동저하로 발달중인 쥐의 족척근질량과 상대족척근무게가 대조군의 71.60%, 73.03%로 족척근질량은 28.40%, 상대족척근무게는 26.97% 유의하게 감소하였으므로 7일간의 활동저하로 족척근의 질량감소가 현저했음을 나타낸다.

뒷다리부유에 의해 발달중인 족척근의 위축이 초래되었다는 본 연구의 결과는 활동저하로 가자미근 위축에 비해 현저하지는 않지만 족척근에도 위축이 발생한다(Steffen et al., 1990)는 보고와 거의 일치하고 있으며 성숙쥐에서 14일간의 뒷다리부유로 족척근의 위축이 현저했으며(최등, 1994) 7일간의 뒷다리부유로 족척근질량과 상대족척근무게가 감소하였다(최등, 1994, 1995)는 결과와 부합되고 있다.

본 연구의 결과 뒷다리부유에 의해 발달중인 족척근의 질량이 유의하게 저하되었다는 사실을 바탕으로 활동저하에 의해 성장하는 어린 쥐의 Type I 근육은 물론 Type II 근육에도 위축이 현저하게 발생한다는 것을

제시하고 있다. 이와같이 뒷다리부유에 의한 활동저하에 의해 하지의 체중부하 근육의 질량이 저하된 것은 단백질합성저하와 단백질분해의 속도가 증가되어 초래된 것으로(Apell, 1986; Henreman et al., 1965; Morey Holton and Wronski, 1981; Goldspink, 1977) 설명될 수 있다. Booth(1977)와 Szoor등(1977)은 근육의 수분비율이 쥐에서 사지 부동동안 변하지 않는다고 보고했으므로 근육의 무게가 단백질 함량의 유효한 지수(valid index)라는 것을 나타낸다.

어린 쥐에 있어 뒷다리부유에 의한 활동의 감소는 비정상적인 근육성장과 정상수축특성의 불완전한 분화와 연관되며 뒷다리부유동물의 근육성장저하는 발달중인 가자미근에서 단백질분해의 증가보다는 단백질합성억제(Edler and McComas, 1987)라고 하였으며 어린 쥐에 있어 뒷다리부유 3일과 10일 사이에 가자미근섬유의 반경성장(radial growth)이 완전하게 억제되었다(Darr and schultz, 1989)는 사실이 족척근에도 적용될 것으로 생각된다.

성장하는 동물의 뒷다리부유가 조직상실이라기보다 발달저하에 의한 것이라고 하였으나(Booth and Gollnick, 1983) 본연구결과 뒷다리부유후 체중감소가 없었으므로 뒷다리근의 질량 상실에 의한 것으로 볼 수 있다(Haida et al., 1989). 활동저하시 근질량의 상실은 적어도 부분적으로 근단백질의 상실(Goldspink, 1977)과 단백질합성 억제, 빠른속도의 단백질분해(Booth, 1982)에 의한 것이다. Musacchia등(1983)은 단백질합성저하를 근위축의 효과로 설명하며 단백질합성과 분해속도가 성인 골격근에 비해 성장하는 골격근에서 유의하게 큰 것으로(Booth, 1982) 보고하였다. α -actin mRNA가 어린쥐에서는 1일 이내에 저하했고 성인쥐는 7일 이내에 저하했으며 어린쥐에서 RNA함량이 근질량과 동일한 속도로 저하했다. 1주간의 뒷다리부유에 의해 어린쥐의 근육은 근질량, specific mRNA의 감소에 있어 성인근육보다 더 큰범위로 반응했다(Steffen et al., 1990).

뒷다리부유로 체중부하기능이 상실되어 초래되는 수축특성, 형태학적, 조직화학적 변화는 수축성단백질의 expression의 기전에 미치는 영향에 의한 것으로 단백질합성 능력의 저하, 빠른 속도의 단백질분해과정, myosin 함량변화가 보고되었다(Fell et al., 1985; Feller et al., 1981; Fitts et al., 1986; Goldspink et al., 1986; Howard et al., 1986; Jaspers and Tischler, 1984; Musacchia et al., 1983; Reiser et al., 1987; Templeton et al., 1984; Templeton et al., 1984;

Thomason et al., 1987). 뒷다리부유에 의한 근육작용의 역제가 단백질합성부전을 일으켜 어린쥐에서 발달정지와 근육질량상실을 유발하는 것으로 보인다(Haida et al., 1989).

본 연구결과 뒷다리부유를 하는동안 주기적으로 보행시켜 족척근무게와 상대족척근무게가 정상으로 회복되었다. 이는 족척근의 비후를 나타내며 주기적인 낮은 강도의 운동을 성장하는 어린 뒷다리부유 쥐에 부하하여 가자미근 무게와 상대가자미근무게를 정상치로 회복시킨(최와지, 1993) 결과와 성숙쥐에서 주기적인 낮은 강도의 운동으로 Type II 근육의 위축을 경감시킨 결과를 토대로 발달중인 Type I 근육은 물론 Type II 근육도 낮은 강도의 운동으로 근질량을 회복될 수 있음을 제시한다.

이러한 결과는 기계적활동(mechanical activity)이 골격근 수축성단백질의 유지 및 재생에 중요함을(Thomason et al., 1987) 나타내고 있다.

본 연구결과 뒷다리부유후 족척근에서 Type I, II fiber의 분포가 대조군과 차이가 없었다. 이와같은 연구결과는 어린 쥐에서 21일간의 뒷다리부유로 Type I, II fiber의 분포비율에는 변화가 없었다는 Simard등(1987)의 연구결과와 일치하며 뒷다리를 부유하는 동안 주기적으로 운동을 부하하여도 발달중인 가자미근에서 Type I, II fiber의 분포가 뒷다리부유군과 차이가 없었고 대조군과의 차이도 없었다(최와지, 1993)는 결과와도 부합하고 있다.

뒷다리부유에 의해 족척근의 Type I, II fiber의 단면적이 각각 57.49%, 56.32%유의하게 저하되었다는 본 연구의 결과는 어린쥐에서 뒷다리부유에 의해 가자미근의 Type I fiber가 45%, Type II fiber가 38% 감소했다는 보고(Simard et al., 1987)와 2주간의 뒷다리부유로 근섬유 횡단면적이 유의하게 저하되었다는 Haida등(1989)의 보고와 일치하였다. 또한 Templeton등(1984)의 연구결과 Type I fiber의 직경이 50% 감소되었고, Type II fiber의 단면적이 28% 저하되었으며 4주간의 뒷다리부유후 hamster에서 가자미근의 Type I fiber가 74% 저하되었고 Type II fiber가 49% 저하되었으며(Corley et al., 1984), 1주간의 뒷다리부유로 가자미근의 Type I, II fiber의 횡단면적이 50.45%, 43.39%유의하게 감소하였다(최와지, 1993)는 결과와도 부합된다.

본 연구결과 뒷다리부유에 의한 활동저하로 근섬유 분포에는 차이가 없었고 근섬유의 횡단면적이 감소한

것은 근섬유의 크기가 감소된 것으로 설명될 수 있다.

본 연구에서 뒷다리부유를 하는동안 주기적인 낮은 강도의 운동이 족척근에서 Type I, II fiber의 횡단면적을 뒷다리부유시에 비해 유의하게 증가시킨것은 뒷다리부유중 주기적으로 체중을 부하하는 것이 뒷다리부유에 의해 저하된 발달중인 가자미근의 Type I, II fiber의 횡단면적을 뒷다리부유시에 비해 유의하게 증가시켰다(최와지, 1992)는 결과와 부합된다. 본연구 결과 뒷다리부유 중 주기적인 보행에 의해 근섬유분포에는 차이가 없었고 근섬유의 횡단면적이 증가한 것은 근섬유의 크기가 증가된 것으로 해석될수 있다.

본 연구에서 주기적인 보행이 발달중인 위축 족척근의 Type I, II fiber의 횡단면적을 증가시킨 결과를 통해 주기적으로 보행함으로써 Type I fiber는 물론 Type II fiber의 횡단면적도 증가시킬수 있음을 시사하고 있다.

본 실험의 연구결과 뒷다리부유동안 주기적으로 보행하는것이 발달중인 족척근의 질량을 정상치로 회복시켰으며 Type I, II fiber의 횡단면적은 뒷다리부유시에 비해 증가시켰으나 정상치로 회복시키지는 못했다. 이러한 결과를 놓고 볼때 족척근의 질량증가에 근섬유가 커지는것 이외의 어떤요인이 관여했을 것으로 보여 앞으로 이러한 요인을 밝히는 연구가 이루어져야 할 것으로 생각된다.

본 연구결과와 주기적인 보행에 의해 뒷다리부유에 의해 저하된 발달중인 족척근의 질량, 상대족척근무게를 정상으로 회복시켰고, Type I, II fiber의 횡단면적을 증가시켰으나 정상치로 회복시키지는 못했으므로 활동저하기간동안 주기적으로 보행시켜 발달중인 Type II 근육의 위축정도를 경감시킬수 있음을 시사해 주고 있다.

V. 결 론

성장하는 어린 쥐에서 낮은 강도의 운동을 주기적으로 부하시켜 Type I 근육의 위축이 유의하게 감소시킨 것으로(최와지, 1993)보고되었고 성숙쥐에서 낮은 강도의 주기적인 운동으로 Type II 근육의 위축이 경감되었다(최 등, 1994, 1995)는 실험결과를 토대로 성장중인 어린 쥐에서도 활동저하기간동안 낮은 강도의 운동을 주기적으로 부하시키면 Type II 근육의 위축이 감소될 것이라는 가정하에 활동저하기간동안 주기적으로 보행시켜 어린쥐의 Type II 근육의 위축이 감소되는 지를 규

명하기 위해 실험을 시행하여 다음과 같은 결과를 얻었다.

1. 7일간의 뒷다리부유에 의한 활동저하로 발달중인 족척근의 질량, 상대족척근무게, Type I, II fiber의 횡단면적이 각각 유의하게 감소하였다.
2. 뒷다리부유중 주기적인 보행이 뒷다리부유에 의해 저하된 발달중인 족척근의 질량과 상대족척근무게를, Type I, II fiber의 횡단면적을 각각 유의하게 증가시켰다.
3. 뒷다리부유중 주기적인 보행이 뒷다리부유에 의해 저하된 발달중인 족척근의 질량과 상대족척근무게를 정상으로 회복시켰으며 Type I, II fiber의 횡단면적은 거의 정상수준으로 회복시켰다.

이상의 결과로 활동저하기간동안 주기적인 보행이 발달중인 위축 족척근의 무게와 Type I, II fiber의 횡단면적을 거의 정상수준으로 회복시켰으므로 활동저하기간중의 주기적인 보행은 발달중인 Type II 근육의 위축 정도를 경감시킬 수 있을 것으로 생각된다.

간호학적 적용

신체활동의 증진과 자기 간호활동을 유지시키는 것이 간호의 주요한 역할이라는 관점에서 침상안정시 초래되는 발달중인 하지근 위축이 낮은 강도의 운동으로 경감될 수 있음을 알고 이해함으로써 침상안정 환자간호시 운동을 계획하고 중재할 수 있으리라고 생각한다.

본 연구결과를 통해 활동 저하에 의한 Type II 근육의 위축이 주기적인 보행으로 감소될 수 있다는 점을 간호학적으로 침상안정중인 아동환자에게 적용할 수 있을 것으로 본다. 이러한 동물실험 결과를 근거로하여 활동이 저하된 아동 환자에게 주기적인 보행을 하는 것이 하사근 위축을 감소시키는 지에 대한 임상실험연구가 필요하다.

참 고 문 헌

최명애(1991a). 운동이 위축 가자미근의 질량과 상대가자미근무게에 미치는 영향, 간호학회지, 21(3) : 281-294.

최명애(1991b). 입원환자에 있어 사지의 피부두께, 둘레 및 근력의 변화에 관한 연구, 간호학논문집, 5(1) : 23-34.

최명애(1992). 박상철, 고창순, 지구력훈련이 위축골격근과 그 산화능력에 미치는 영향, 대한스포츠의

학회지, 10(2) : 151-162.

최명애, 지제근(1993). 주기적인 체중지지 발달 중인 뒷다리부유쥐의 Type I 근육에 미치는 효과, 대한간호학회지, 23(2) : 207-219.

최명애, 박상철, 고창순(1994). 주기적인 낮은 강도의 운동부하가 뒷다리 부유쥐 Type I, II 근육에 미치는 영향, 대한스포츠의학학회지, 12(1) : 182-196.

최명애, 지제근, 김은희(1995). 간헐적인 낮은 강도, 짧은 기간의 운동 부하가 뒷다리 부유쥐의 Type II 근육에 미치는 영향, 대한간호학회지, 25(2) : 193-205.

Appell, H. J.(1986). Skeletal muscle atrophy during immobilization, International Journal of Sports Medicine, 7 : 1-5.

Booth, F. W., Seider, M. J.(1979). Recovery of Skeletal Muscle after 3 month of hindlimb immobilization in Rats, Journal of Applied Physiology, 47(2) : 435-439.

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.(1982). Effect of limb immobilization on skeletal muscle, Journal of Applied Physiology, 52(5) : 1113-1118.

Booth, F. W. and Gollnick, P. D.(1983). Effects of disuse on the structure and function of skeletal muscle, Medicine and Science in Sports Exercise, 15 : 415-420.

Burke, R. E and Edgerton, V. R.(1975). Motor unit properties and selective involvement in movement, Exercise and Sports Science Reviews, New York, Academic Press.

Corley, K., Kowalchuk, N., and McComas, J. (1984). Contrasting effects of suspension on hindlimb muscles in the hamster, Experimental Neurology, 85 : 30-40.

Darr, K. C. and Schultz, E.(1989). Hindlimb suspension suppresses muscle growth and satellite cell proliferation, Journal of Applied Physiology, 67(5) : 1824-1834.

Desplanches, D., M. M. Mayet, B. Sempore and R. Flondrois.(1980). Structural and functional

- responses to prolonged hindlimb suspension in rat muscle. Journal of Applied Physiology, 63 : 558-563.
- Ilder, Geoffrey, C. B. and McComes, A. J.(1987). Development of rat muscle during short and long-term hindlimb suspension. Journal of Applied Physiology, 62(5) : 1917-1923.
- Fell, R. D., L. B. Gladden, J. M. Steffen, and X. J. Musacchia(1985). Fatigue and contraction of slow and fast muscles in hypokinetic/hypodynamic rats. Journal of Applied Physiology, 58 : 65-69.
- Feller, D. D, Ginoza, H. S. and Morey, E. E.(1981). Atrophy of rat skeletal muscles in simulated weightlessness. The Physiologist, 24(Suppl.) : S9-S10.
- Fitts, R. H., Metzger, J. M., and Riley, D. A. and Unsworth, B. R.(1986). Models of disuse : a comparison of hindlimb suspension and immobilization. Journal of Applied Physiology, 60 : 1946-1953.
- Goldspink, D. F.(1977). The influence of immobilization and stretch on protein turnover of rat skeletal muscle. American Journal of Physiology, 264 : 267-282.
- Goldspink, D. F., Morton, A. J., Loughna, P. and Goldspink, G.(1986). The effect of hypokinesia and hypodynamia on protein turnover and the growth of four skeletal muscles of the rat. Pfluegers Archive, 407 : 333-340.
- Haida, N. W., Fowler, M. JR., Abresch, R. T., Larson, D. B.(1989). Sharman, R. B., Taylor, R. G., and Entrikin, R. K., Effect of hindlimb suspension on young and adult skeletal muscle. I. Normal mice. Experimental Neurology, 103 : 68-76.
- Henneman, E., Somjen, C. G. and Carpenter, D. O. (1965). Functional significance of cell size in spinal motor neurons. Journal of Neurophysiology, 28 : 599-620.
- Howard, G., J. M. Steffen, and T. E. Geoghegan (1986). Evaluation of protein synthesis regulation in skeletal muscle atrophy. Federation Proceedings, 45 : 645.
- Jaspers, S. R. and Tischler, M. E.(1984). Atrophy and growth failure of rat hindlimb muscles in thil-cast suspension. Journal of Applied Physiology, 57(5) : 1472-1479.
- Morey-Holton, E. and Wronski, T. J.(1981). Animal models for simulating weightlessness. The Physiologist, 24(Suppl. 6), 45.
- Musacchia, X. J., D. R. Deavers, G. A. Meininger and T. P. Davis(1980). A model for hypokinesia : Effects on muscle atrophy in the rat. Journal of Applied Physiology, 48 : 479-486.
- Musacchia, X. J., Steffen, J. M. and Deavers, D. R.(1981). Suspension restraint : induced hypokinesia and antiorthostasis as a simulation of weightlessness. The Physiologist, 246 (Suppl.)
- Musacchia, X., J. Steffen and D. Deavers(1983). Rat hindlimb responses to suspension hypokinesia/hypodynamia. Aviat. Space Environmental Medicine, 54 : 1015-1020.
- Reiser, P., C. Kasper, and K. Moss.(1987). Myosin subunits and contractile properties of single fibers from hypokinetic rat muscles. Journal of Applied Physiology, 63 : 2293-2300.
- Sandler, H., Vernicos, J.(Eds)(1986). Effect on Inactivity on muscle. Inactivity : Physiological effects. Orland Academic Press.
- Simard, C., Lacaille, M. and Vallieres, J.(1987). Effects of hypokinesia/hypodynamia on contractile and histochemical properties of young and old rat soleus muscle. Experimental Neurology, 97 : 106-114.
- Simard, D. and Lacaille, M.(1988). Contractile and histochemical properties of young and old medial gastrocnemius muscle after suspension hypokinesia/hypodynamia. Mechanism of Aging and Degeneration, 44 : 103-114.
- Steffen, J. M, Fell, R. D., Gesghegan, T. E., Ringel, L. C. and Musacchia, X. J.(1990). Age effects on rat hindlimb muscle atrophy during suspension unloading. Journal of Applied Physiology, 68(3) : 927-931.

- 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. Journal of Applied Physiology, 56(?) : 278–286.
- Templeton, G. H., Sweeney, H. L., Timxon, B. F., Padalino, M. and Dudenhocffer, G. A. (1988). Changes in fiber composition of soleus muscle during rat hindlimb suspension, Journal of Applied Physiology, 65 : 1191–1195.
- Thomason, D. B., Herrick, R. E. and Baldwin, K. M. (1987). Activity influences on soleus muscle myosin during rodent hindlimb suspension unloading. Journal of Applied Physiology, 68 (3) : 927–931.
- Steffen, J. and musacchia, X. J. (1984). Effect of hypokinesia on protein, RNA and DNA in rat hindlimb muscles, American Journal of Physiology, 247 : R728–R732.
- Szoor, A., Boross, A., Hollosi, G., Szilagy, T., and Kestys, 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 Hungariae, 28(2): 195–204.

– Abstract –

Key concept : Walking, Type II muscle,
Growing suspended rats

Effect of Periodic Walking on the Type II Muscle of Growing Suspended Rats

Choe, Myoung Ae*

The purpose of this study was to determine the effect of periodic walking during hindlimb suspension

on the mass, relative weight, fiber type distribution and cross-sectional area of Type I and II fibers in the developing Type II plantaris muscle.

To examine the effectiveness of periodic walking on mass and fiber size, the hindlimbs of young female Wistar rats were suspended (HS group) and half of these rats walked on a treadmill for 45 min/day (15 min every 4 hours) at 5 meters/min at a 15 degree grade (HS-W group)

After seven days of hindlimb suspension, the plantaris muscle wet weight was 28.40% significantly smaller ($P < 0.005$) and relative plantaris muscle weight was 26.97% smaller compared with those of control rats ($P < 0.05$). The plantaris muscle wet weight and the relative plantaris muscle weight increased by 46.60% and 49.23% respectively with periodic walking, moreover, the plantaris muscle wet weight and the relative plantaris muscle weight of the HS-W rats recovered to the level of the control rats.

No change was observed in fiber type percentage of the developing plantaris muscle following one week of hindlimb suspension or periodic walking during hindlimb suspension.

Type I and II fiber cross-sectional areas of the developing plantaris muscle were 42.51% and 43.68% lower in the HS group than in the control group ($p < 0.0001$), Type I and II fiber cross-sectional areas of the developing plantaris were 30.82% and 45.97% greater in the HS-W group than in the HS group ($p < 0.0001$), whereas Type I and II fiber cross-sectional area of HS-W group were less than those of the control group ($P < 0.0001$)

The results suggest that periodic walking can attenuate developing plantaris muscle atrophy induced by hindlimb suspension.

* College of Nursing, Seoul National University.