

등속성 운동이 흰쥐 하퇴의 근섬유조성에 미치는 영향

대구보건전문대학 물리치료과, *영남대학교 생물학과
이 용덕, 조 현국*, 김 한수, 박 윤기, 서 태수

ABSTRACT

Effects of Isokinetic Exercise on the Composition
of Muscle Fibers in Rats Lower Limb

Lee, Yong Deok, R.P.T., M.S., Cho, Hyun Gug, B.S.*
Kim, Han Soo, R.P.T., M.P.H. Park, Youn Ki, R.P.T., M.A.
Suh, Tae Soo, R.P.T., B.S.

Dept. of Physical Therapy, Daegu Junior Health College
*Dept. of Biology, Yeungnam University

This study is to characterize the effects of swimming exercise on the composition of muscle fibers in rats lower limb tissue. By comparing the exercised group(4, 8 weeks) with the control group, we analyzed the difference histologically, histochemically and morphometrically.

The obtained results are as follows :

1. In the histological view, the distance between the individual muscle fibers and the muscle bundles in exercised group was shorter than that of control group. The irregular shape of sarcolemma in exercised group was observed.
2. In the histochemical view(NADH-TR. and Myosin ATPase reaction analysis), the increased populations of red and intermediate fibers were observed, whereas the white fiber was decreased.
3. In the morphometrical view, the red and intermediate fibers of tibialis anterior and gastrocnemius in exercised group were quantitatively increased, compared with control group. However, the white fiber and connective tissue in exercised group were decreased.

I. 서 론

운동에는 달리기, 수영, 짐나르기, 생산적 노동 등이 있으며 모든 운동에 있어서 호흡기, 순환기, 신경계, 근력계 등이 상호 조화를 이루고 협력함으로서 이루어지며 이들 운동에 대한 공통점은 에너지 소비량이 안정상태에 비해 현저히 증가하게 된다.

운동의 유형별로 에너지 공급체계가 달라서 부하가 강한 운동 즉, 100m 달리기와 같은 운동은 ATP의 공급이 포스페준 시스템(*ATP-phosphagen system*)에서 이루어지며 부하강도가 낮고 오랜시간 운동하는 마라톤, 장거리, 수영등은 거의 유산소 시스템에서 에너지가 공급되며, 중간정도의 부하강도나 운동시간이 걸리는 종목에는 주로 젖산 시스템에서 공급된다(Dill 1965; di Prampero 등, 1974; Fox등, 1969; Karlsson, 1971). 사람의 운동 경기중 수영은 100m 경주일 경우 젖산 시스템에서, 그 이상은 유산소성 시스템에서 에너지가 산출된다(di Prampero, 1974).

운동에 있어서 가장 중요한 역할을 수행하는 근육의 수축형태는 모든 물건을 들어 올리는데 적용되는 등장성 수축(*isotonic contraction*), 고정된 물체를 들어올리려고 시도하거나 고정된 팔 길이로 무게를 잡고 일정 기간동안 유지시키는데 적용되는 등척성 수축(*isometric contraction*), 언덕 아래로 달리거나 아래층으로 걸을때 즉, 체간의 중심에서 멀어지는 운동에 적용되는 원심성 수축(*eccentric contraction*) 및 동작의 전 범위에서 일정한 스피드에 의한 최대의 근 수축을 하는 등속성 수축(*iso-*

kinetic contraction)으로 대별될 수 있으며 수영에서 가장 많이 사용되는 수축방식은 등속성 수축으로서 최대장력을 동작의 전 범위에서 발생되며, 등저항성 트레이닝 프로그램으로 운동경기의 능력을 개선하는데 가장 적합하다(Komi와 Baskirk, 1972; Pipes와 Wilmore, 1975; Talag, 1973).

골격근 섬유의 형태는 대개 3가지로 대별되는데 Ogata와 Mori(1964)는 백근(*white*), 중간근(*intermediate*), 및 적근(*red*)으로, Barnard등(1971)은 속연축 백근(*fast-twitch white*), 속연축 적근(*fast-twitch red*), 완연축 중간근(*slow-twitch intermediate*)으로, Brook와 Kaiser(1970)는 II_b, I, II_a로 각각 분류하고 있다. 이들 근섬유는 각 운동에 작용하는 근육에 따라 분포가 다르며(Suzuki 와 Tamate, 1988; Armstrong 과 Phelps, 1984), 동물의 종에 따라(Ariano등, 1973, Edgerton과 Simpson, 1969, 연령에 따라 white 등 1978, Eddinger 1985), 병적 또는 신경지배 양상에 따라(Dubowitz, 1967; Dubowitz 와 Newman, 1967; Karpati와 Engel, 1967; Romanul, 1964; Romanul 과 Hogan, 1964; Romanul과 Meulen, 1967; Guth등, 1968; Beerman등, 1977) 각각 분포양상이 다르며 운동유형에 따라서도 근섬유의 분포양상도 다르게 나타난다(Holly등, 1980; Barnard등, 1970).

본 연구에서는 흰쥐 하퇴에 있어서 등속성 운동으로서의 수영이 족관절을 저축굴곡시키는 비복근(*gastrocnemius*)과 배측굴곡시키는 전경골근(*tibialis anterior*)에 미치는 영향을 조직학, 조직화학 및 형태측량적으로 고찰하고자 한다.

II. 재료 및 방법

1. 재료

실험동물은 영남대학교 생물학과 동물사육실에서 일정조건(온도: $20\pm10^{\circ}\text{C}$, 습도: $60\pm10\%$) 하에서 생후 6개월동안 사육된 완전성숙한 Sprague-Dawley 계의 Rat를 대조군, 운동 4주 및 운동 8주군 각 5마리씩을 사용하였다.

2. 방법

1) 운동

운동은 수온 $28\pm1^{\circ}\text{C}$ 로 조절된 직경 100 cm, 높이 70cm인 플라스틱 수조에서 Kim과 Nam(1990)의 방법에 준해 1일차 10분을 기준으로 2일간격으로 10분씩 수영시간을 증가시켜 최대 120분까지 4주 및 8주간 매일 운동시켰다.

2) 조직 및 조직화학 표본제작

각 군 Rat의 대상근육을 횡절단하여 근위부 2/5부분과 원위부 2/5부분을 취하였으며 적출된 조직은 O.C.T. compound로 입힌 후 즉시 액체질소로 급속 냉각된 isopentane에 넣어 약 10초 동안 급냉동시켰고 급속된 냉각조직을 -20°C 로 조절된 냉동절편기 내에서 18시간 보관 후 냉동절편기를 사용하여 $10\mu\text{m}$ 두께로 조직절편을 만들어 조직 및 조직화학적 특수염색법에 적용하였다.

(1) H-E 염색

일반적인 조직학적 성상을 관찰하기 위하여 절편을 증류수에 합수시키고 hematox-

ylin에 염색 후 *HCl-alcohol*, 1% ammonium에 산화·환원시켜 eosin 염색을 하여 탈수과정을 거쳐 balsam으로 mounting하였다.

(2) NADH-TR (*reduced nicotinamide adenine dinucleotide-tetrazolium reductase*) 반응

근섬유의 형을 분류하기 위해 β -NADH 가 포함된 기질(온도: 37°C , pH 7.4) 속에서 30분동안 반응시킨 후 조직을 고정하고 methyl green으로 대비 염색하여 glycerin 완충액으로 mounting하였다.

(3) Myosin ATPase 반응 (pH 9.4)

근섬유 형을 명확히 확인하기 위해서 methenol free formaldehyde에 고정하여 ATP가 포함된 기질(온도 37°C , pH 9.4) 속에서 1시간동안 반응시키고 수세 후 ammonium sulfide에 착색시켜 glycerin jelly mounting하였다.

3) 조직화학적 근섬유의 분류

(1) NADH-TR 반응

NADH-TR 반응으로 나타난 현상을 Ogata와 Mori(1964)의 분류방법에 의해 백근, 중간근, 적근으로 구분하였다. 근섬유의 크기가 가장 크며 *diformazan* 과립의 반응이 가장 낮으며 근초부위에 뚜렷한 반응이 나타나지 않는 근섬유를 백근으로 하였고, 근섬유가 작으며 *diformazan* 과립의 반응이 가장 강하게 나타나며 근초부위에 가장 강한 반응이 나타나는 근섬유를 적근으로, 중간정도 반응을 보이는 근섬유를 중간근으로 분류하였다.

(2) Myosin ATPase 반응

Myosin ATPase 반응으로 나타나는 현상은 중간정도의 크기를 보이며 근섬유 전반에 걸쳐 가장 강하게 나타나는 근섬유를 중간근으로 하였고 가장 약하게 반응을 보이며 크기가 가장 작은 근섬유를 적근, 중간근과 적근의 중간정도 반응을 보이며 크기가 가장 큰 근섬유를 백근으로 하였다.

4) 형태측량법에 의한 근섬유별 체적밀도 (volume density)의 측정

각 근섬유 형태의 양적 평가를 위하여 형태측량법의 일환인 체적밀도를 측정하였다. 측정을 위하여 각 군별 조직을 무작위 (random)로 30개의 절편을 선택하여 선택된 각 절편은 광학현미경상에서 두장씩 무작위로 선택하여 200배로 사진 촬영하여 각 군별 60장씩의 사진을 얻었다.

사진상에서 체적밀도의 측정은 $10d$ ($d=10mm$)인 *single lattice test grid*를 사용하여 Weibel 등 (1966)의 방법에 따라 점계수법 (point-counting method)에 의해 계수하였다. 계수되어진 수는 다음과 같은 계산식에 의해 계산되었고 단위체적은 1mm^3 으로 하였다.

$$Vv = Vc / Vt = P_c / P_t$$

(여기서 Vv : 체적밀도, Vc : 단위체적당 대상 근섬유의 체적 (mm^3), VT : 단위체적 (mm^3), P_c : 대상 근섬유에 놓여진 교점의 수, PT : *grid* 전체 점의 수)

III. 결 과

1. 하퇴의 육안적 변화 및 근의 무게

대조군에서는 근막사이에 피하지방이 많이 존재하였으며 근육의 색은 전경골근과 비복근 모두 백색을 많이 함유한 연홍색으로 나타났다. 운동 4주 및 8주군에서는 피부와 근막의 구분이 힘들정도로 상접하여 나타났으며 피하지방은 거의 관찰되지 않았고 근육의 색은 대조군보다 흥색이 짙어진 양상으로 나타났다.

근의 무게는 대조군에서 전경골근은 134 mg, 비복근은 248 mg으로 측정되었으며 운동 4주군에서는 141, 239 mg, 8주군에서는 140, 251 mg으로 큰 변화가 없었다 (Table 1).

Table 1. Wet weight (mg) of tibialis anterior and gastrocnemius

	Tibialis anterior	Gastrocnemius
control	134±17	248±32
4 weeks	141±15	239±30
8 weeks	140±18	251±28

Values expressed as means±S.D.

2. 조직학적 관찰

대조군의 전경골근과 비복근에서는 근섬유와 근속사이에 있는 근내막(*endomysium*)과 근외막(*perimysium*)이 일정한 간격을 유지하고 있으며 근초(*sarcolemma*)은 부드러운 곡선으로 나타나며 해온납작한 형태로 근섬유의 가장자리에 존재하였다(Fig. 1,3).

운동 4주군과 8주군의 근육에서는 근섬유와 근섬유사이, 또는 근속과 근속 사이의 간격이 좁아졌으며 특히 8주군에서는 근속 사이의 근외막은 가늘게 나타나고 있으나 근내막은 거의 관찰되지 않았다. 한편 운동군의 근초는 대조군에 비해 불규칙하였으며 전경골근보다 비복근의 불규칙성이 강했다(Fig. 2,4).

3. 조직화학적 관찰

근섬유형의 분포, 성상의 조사를 위한 NADH-TR 반응을 본 결과 대조군, 운동 4,8주군 모두 적근에서는 *diformazan* 과립이 매우 강한 반응을 보이고 있었으며, 특히 근초의 부근에서 강한 반응이 관찰되었으며 근섬유의 크기는 가장 작게 관찰되었다. 백근에서는 점상의 *diformazan* 과립이 연속적으로 연결되어 그물모양으로 나타났고 반응은 가장 약하였으며 근섬유의 크기는 가장 크게 나타났다. 중간근은 근섬유의 근초 부근에 다소 강한 반응을 보였으며 근섬유의 중앙부위는 근초 부근보다 다소 약한 *diformazan*과립상을 보였고 근섬유의 크기는 적근과 백근의 중간크기로 관찰되었다(Fig. 5,6,7,11,12,13).

육안적 근섬유의 분포양상은 대조군에 비해서 운동 4주 및 8주에서 전경골근과 비복근 모두 적근과 중간근이 증가된 양상을 보이고 있으나 근섬유의 크기는 큰 변화가 없었다(Fig. 6,7,12,13).

Myosin ATPase 반응을 본 결과 대조군, 운동 4주군, 8주군 모두 적근에서는 거의 반응을 하지 않아서 백색에 가까운 색도를 가지고 있었으며 중간근은 흑갈색의 반응이 근섬유 전반에 걸쳐 가장 강하게 나타났고 백근은 적근과 중간근의 중간 정도의 반응인 연갈색으로 나타났다(Fig. 8,9,10,14,15,16).

4. 형태측량적 연구

근섬유 분포양상의 변화정도를 수치로 평가하기 위해 형태측량법중 체적밀도 측량법을 이용한 결과 족관절의 배측골곡의 주동근으로 작용을 하게되는 전경골근은 대조군의 경우 적근이 $0.13\text{mm}^3/\text{mm}^2$, 중간근의 $0.22\text{mm}^3/\text{mm}^2$, 백근이 $0.59\text{mm}^3/\text{mm}^2$ 으로 측량되었으며, 각 근속과 근섬유 사이의 결합조직은 $0.05\text{mm}^3/\text{mm}^2$ 으로 나타났으며, 운동 4주군에서는 적근이 0.30, 백근이 0.36, 중간근이 0.30, 결합조직은 0.02로, 운동 8주군에서는 적근이 0.36, 백근이 0.28, 중간근이 0.35, 결합조직이 0.01로 나타나 운동에 따라 적근과 중간근의 양이 현저히 증가하는 반면 백근은 현저히 감소하였다(Table 2).

족관절의 저측골곡의 주동근으로 작용을 하게되는 비복근은 대조군의 경우 적근이 0.15, 백근이 0.60, 중간근이 0.16, 결합조직이 0.08로 측량되었으며, 운동 4주군에서는 적근이 0.23, 백근이 0.52, 중간근이 0.

Table 2. Volume density of muscle fiber of tibialis anterior

	Red	White	Intermediate	CT
control	0.13±0.02	0.59±0.10	0.36±0.07 *	0.28±0.04 **
4 weeks	0.30±0.06 *	0.22±0.03	0.30±0.05 *	0.35±0.06 **
8 week	0.36±0.07 **	0.05±0.008	0.02±0.003 *	0.01±0.002 **

Values expressed as means±S.D.

Remark : CT, connective tissue

a : Significance of difference from control group ($p<0.01$)

b : Significance of difference from previous group
in same treated group ($p<0.01$)

Table 3. Volume density of muscle fiber of gastrocnemius

	Red	White	Intermediate	CT
control	0.15±0.02	0.60±0.03	0.52±0.09 *	0.30±0.08 **
4 weeks	0.23±0.05 *	0.16±0.11	0.20±0.04 *	0.38±0.09 **
8 weeks	0.30±0.08 **	0.08±0.01	0.04±0.005 *	0.02±0.003 **

Values expressed as means±S.D.

Remark : CT, connective tissue

a : Significance of difference from control group ($p<0.01$)

b : Significance of difference from previous group in same treated group ($p<0.01$)

20. 결합조직이 0.04로, 운동 8주군에서는 적근이 0.30, 백근이 0.30, 중간근이 0.38, 결합조직이 0.02로 나타났다. 비복근의 경우에서도 운동기간이 길어질수록 적근과 중간근의 양이 증가하는 반면 백근의 양이 현저히 감소하는 양상을 보였고, 특히 중간근의 양이 현저하게 증가하였다(Table 3).

IV. 고찰

근섬유형의 분포양상은 동물의 종에 따라서, 성(sex)에 따라, 운동유형에 따라서 달라지는 데(Ariano 등, 1973; Edgerton, 1970; Edgerton과 Simpton, 1969; Costill 등, 1976; Suzuki와 Tamate, 1988; Armstrong과 Phelps, 1984). 현재까지 알려진 바로는 대개 3종의 근섬유형이 존재하는 것으로 알려져 있다(Ogata와 Mori, 1964;

Engel, 1962, 70 ; *Romanul*, 1964 ; *kugelberg*와 *Edstrom*, 1968 ; *Barnard* 등, 1971 ; *Brook* 와 *Kaiser*, 1970 ; *Dawson* 과 *Romanul*, 1964).

근섬유 3가지 형태중 적근은 근 수축속도가 느리고 높은 유산소적 능력을 가지고 있으며 모세혈관의 밀도가 높으며 수축력은 약하다. 또한 쉽게 피로하지 않으며 지구력이 요구되는 활동에 선택적으로 사용된다. 한편 백근은 근수축의 속도가 빠르며 높은 해당작용의 능력을 가지며 모세혈관의 밀도가 낮게 나타나고 강한 수축력이 있는 반면 쉽게 피로하는 것이 특징이다. 따라서 단거리 같은 비지구성 활동에 주로 선택적으로 사용된다(*Essfflen* 등, 1975). 본 연구에 있어서 유산소성 운동인 장시간 수영을 시켰을 경우 근섬유의 변화를 조직, 조직화학 및 형태측량적으로 실험하였다.

하퇴의 육안적 변화에서 피하지방의 양은 대조군에서보다 실험군에서 훨씬 적은 양상으로 나타난 바 피하지방은 수영에 의해서 지방이 지방산과 케톤체로 β -산화(β -oxidation)에 의해 분해되어 TCA회로로 연결되어 골격근의 에너지원으로 사용된 것으로 보여진다(*Wakil*, 1971).

근육의 무게는 전경골근, 비복근에 있어서 140mg, 250mg 내외로 대조군 및 실험군에서 유사한 성적을 보여 *Brown*(1989)의 저항운동의 결과와 같았다. 이는 운동으로 인한 근섬유의 일부 비대화와 더불어 근외막과 근내막의 감소로 인한 무게의 상보성 때문이라 사료되며 등속성운동으로서는 근력은 증가되나(*Moffroid*와 *Whipple*, 1970 ; *Coyle* 등, 1981), 근의 형태적인 측면에서는 근섬유의 크기에는 큰 영향을 미치지 않는

것으로 판단되었다.

하퇴의 전경골근과 비복근의 조직화학적 관찰상에서 두 근육 모두 대조군보다 실험군에서 간질조직인 근외막과 근내막의 양이 급격히 감소된 양상을 볼 수 있었으며 근초의 불규칙적인 양상이 관찰되었다. 그러나 근섬유의 크기는 대조군과 실험군간의 차이가 없는 것으로 보아 수영으로 인한 등속성수축의 결과 탄수화물의 고갈상태와 더불어 간질조직내에 있는 지방의 흡수로 인한 결합조직 총량의 감소로 여겨지며(*Hickson* 등, 1977 ; *Wahren* 등, 1975) 근초의 불규칙성은 지속적인 운동으로 일어나는 근미세섬유(*Myofilament*)의 부분적 증식으로 인한 일부의 비대화(*hypertrophy*)로 생각된다. 근초의 불규칙성은 전경골근보다 비복근이 심하게 나타난 바 수영에 있어서 운동은 족관절의 저측굴곡 활동이 배측굴곡 활동보다 훨씬 강하게 일어나고 있음을 시사한다.

조직화학적 측면에서 운동기간이 길어짐에 따라 적근과 중간근의 분포가 현저하게 증가하여 나타나는데 대부분의 스포츠 활동시 백근과 적근섬유가 모두 작용되지만 지구성 운동 수행시에는 적근의 섬유가 선택적으로 사용되며, 반대로 단거리 같은 질주 활동시에는 백근섬유가 선택적으로 쓰여진다는 보고(*Karlsson* 등, 1981)와 일치하며, 스포츠에서는 백근섬유와 적근섬유의 대사적 잠재성을 증가시키기 위한 트레이닝 계획과정에서 볼 때 백근의 근력을 증가시키기 위해 아주 높은 강도로 짧은 기간의 운동으로, 적근의 대사적 잠재성을 증가시키기 위해 강도로 강도가 낮고 기간이 긴 트레이닝 방법이 요구된다는 보고

(Fox와 Mathews, 1981)를 뒷받침 해준다. 따라서 지구력이 요구되는 장시간의 수영에 있어서 적근과 중간근의 비율이 증가되는 것이 바람직한 현상이라 사료된다. 또한 적근과 중간근의 분포가 증가되는 것이 바람직한 현상이라 사료된다. 또한 적근과 중간근의 분포가 증가되는 현상은 근육글리코겐 소모형태에서 본 적근 또는 운동단위는 부하강도가 낮은 운동시 주로 동원된다는 Costill 등(1977)의 보고와 일치한다.

근섬유의 양적인 분포양상의 변화를 측정하기 위해 형태측량적 방법으로 측량한 결과, 전경골근의 대조군에서 적근의 비율이 13%, 백근이 59% 중간근이 22%로 나타나 운동시키지 않은 군에서는 적근의 비율이 현저하게 낮으나 수영을 시킨 운동 4주군과 운동 8주군에서는 적근의 비율이 30%, 36%, 중간근이 30%, 35%로 나타나 적근과 중간근의 비율이 현저하게 높아진 양상을 볼 수 있었다. 이는 적근과 중간근을 명확히 구분하지 않고 중간근을 적근에 포함시켜 각 운동종목별 선수들의 근섬유 조성에 대해 보고한 Burke 등(1977), Costill 등(1976), Gollnick 등(1972), Komi(1977)의 결과와 유사한 양상으로 나타났다. 그들의 보고에서 마라톤 선수는 적근의 비율이 80% 내외, 수영선수는 70% 내외, 장거리 달리기 선수는 65% 내외, 스피드 스케이트 선수, 크로스 컨트리 선수 및 사이클 선수는 60% 내외, 중거리 달리기 선수는 50% 내외, 비훈련자는 40% 내외, 단거리 달리기, 높이뛰기 및 포환던지기 선수는 35% 내외로 나타나 본 연구의 결과와 유사한 성적을 보였으나 수영의 결과에서 볼 때 본 실험 전경골근 대조군의 적근과 중간근

을 합한 양은 35%로 나타나 사람의 비훈련자 보다는 다소 적은 양상이었으며 운동 4주군에서는 60%로 수영선수의 적근 조성 비율인 75%는 수영선수들의 근섬유 조성보다 다소 낮았다. 그러나 적근의 분포 증가율의 측면에서 볼 때 35% 수준으로 유사하게 나타났다.

한편 비복근의 경우 대조군에서의 적근과 중간근의 합한 양은 31%로 전경골근보다 다소 낮았으며 운동 4주군의 43%, 운동 8주군의 68%로 전경골근의 동일기간 운동군보다 다소 낮았다. 그러나 적근과 중간근의 비율의 증가양상은 지속적이었으며 증가율도 37%로 전경골근의 증가율도 37%로 전경골근의 증가율 및 사람에 있어서 비훈련자와 수영선수간의 차이와 유사한 수준으로 나타났다. 한편 운동 4주군에서의 비율은 수영선수들의 적근 분포비율에 미치지 못하는 것으로 나타나 수영 4주간의 운동은 근육을 충분히 발달시키기에는 운동기간이 짧은 것으로 평가되었다. 따라서 지구력 운동선수가 수영으로 기초체력을 단련하기 위해서는 2시간씩 2개월 이상의 훈련이 요구되는 것으로 생각된다.

본 실험에서는 수영이 족관절의 운동근인 전경골근과 비복근에 대해서 근섬유조성의 변화만을 고찰해 본 결과 수영에 의해 적근과 중간근의 비율이 현저하게 증가하는 현상이 관찰되었다. 앞으로 전자현미경을 통한 미토콘드리아 분획의 양적평가를 통한 유산소적 능력의 평가와 근원섬유(myofibril)의 변화도 함께 고찰되어야 할 것이며 슬관절의 운동에 관계하는 근육 및 고관절의 운동 관계하는 근육의 근섬유조성의 변화에 대해서도 연구되어야 할 것으

로 생각된다.

V. 적 요

흰쥐 하퇴에 있어서 수영이 근섬유 조성에 미치는 영향을 규명하기 위하여 대조군 및 운동 실험군으로 모델을 설정하여 운동 기간(4주 및 8주)에 따른 근섬유의 조성을 조직, 조직화학 및 형태측량법으로 분석한 결과 다음과 같은 실험결과를 얻었다.

1. 조직학적 연구에서는 대조군에 비하여 실험군에서 각 근섬유 사이와 근속 사이의 간격이 좁아졌으며 근초는 불규칙한 양상으로 관찰되었다.
2. 조직화학적 연구에서 NADH-TR반응 및 myosin ATPase 반응으로 적근, 중간 근, 백근의 조성양상을 관찰한 결과 실험군에서 적근과 중간근의 분포가 많은 반면, 백근의 분포가 적어진 양상을 보였다.
3. 형태측량적 연구에서 전경풀근 및 비복근 모두 대조군에 비해 실험군에서 적근과 중간근이 증가하였고, 백근과 결합조직의 양은 감소하였다.

참 고 문 헌

1. Ariano, M.A., Armstrong, R.B. and Edgerton, V.R. : Hindlimb muscle fiber populations of five mammals. *J. Histochem. Cytochem.*, 21 : 51-55, 1973.
2. Armstrong, R.B. and Phelps, R.O. : Muscle fiber type composition of the rat hind limb. *Am. J. Anat.*, 171 : 259-272, 1984.
3. Barnard, R.J., Edgerton, V.R., Furukawa, T. and Peter, J.B. : Histochemical, biochemical and contractile properties of red, white and intermediate fibers. *Am. J. Physiol.*, 220 : 410-414, 1971.
4. Barnard, R.J., Edgerton, V.R. and Peter, J.B. : Effect of exercise on skeletal muscle : I. Biochemical and histochemical properties. *J. Appl. Physiol.*, 28(6) : 762-766, 1970.
5. Beerman, D.H., Cassens, R.H., Couch, C.C. and Nagle, F.J. : The effect of experimental denervation and reinnervation on skeletal muscle fiber type and intramuscular innervation. *J. Neurol. Sci.*, 31 : 207, 1977.
6. Brook, M.H. and Kaiser, K.K. : Muscle fiber types : How many and what kind? *Arch. Neurol.*, 23 : 369, 1970.
7. Brown, M. : Resistance exercise effects on aging skeletal muscle in rats. *Phys. Ther.*, 69(1) : 46-53, 1989.
8. Burke, E., Cerny, F., Costill, D.L. and Fink, W. : Characteristics of skeletal muscle in competitive cyclists. *Medical Sci. Sports*, 9 : 109-112, 1977.

9. Costill, D., Fink, W. and Pollock, M. : Muscle fiber composition and enzyme activities of elite distance runners. *Med. Sci. Sports*, 8 : 96-100, 1976.
10. Costill, D.L., et al. : Effect of elevated plasma FFA and insulin on muscle glycogen usage during exercise. *J. Appl. Physiol. : Respirat. Environ. Exercise Physiol.*, 43 : 695-1977.
11. Coyle, E.F., et al. : Specificity of power improvements through slow and fast isokinetic training. *J. Appl. Physiol. : Respirat. Environ. Exercise Physiol.*, 51(6) : 1437-1442, 1981.
12. Dawson, D.M. and Romanul, F.C. A. : Enzymes in muscle : II. Histochemical and quantitative studies. *Arch. Neurol.*, 369,
13. Dill, D.B. : Oxygen used in horizontal and grade walking and running on the treadmill. *J. Appl. Physiol.*, 20 : 19-22, 1965.
14. di Prampero, P.E., Pendegast, D. R. and Rennie, D.W. : Energistics of swimming in man. *J. Appl. Physiol.*, 37 : 1-5, 1974.
- Dubowitz, V. : Pathology of experimentally re-innervated skeletal muscle. *J. Neurol. Neurosurg. Psychiat.*, 30 : 99, 1967.
15. Dubowitz, V. and Newman, D.L. : Changes in enzyme pattern after cross innervation od fast and slow skeletal muscle. *Nature*, 214 : 840, 1967.
16. Eddinger, T.J., Moss, R.L. and Cassen, R.G. : Fiber number and type composition in extensor digitorum longus, soleus and diaphragm muscle with aging in Fisher 344 rats. *J. Histochem. Cytochem.*, 33(10) : 1033-1041, 1985.
17. Edgerton, V.R. : Morphology and histochemistry of the soleus muscle from normal and exercised rats. *Am. J. Anat.*, 127 : 81-88, 828-838, 1969.
18. Edgerton, V.R. and Simpson, D. R. : The intermediate muscle fiber of rats and guinea pigs. *J. Histochem. Cytochem.*, 17(12) : 828-838, 1969.
19. Engel, W.K. : Selective and non-selective susceptibility of muscle fiber types. A new approach to human neuromuscular disease. *Arch. Neurol.*, 22 : 97, 1970.
20. Engel, W.K. : The essentiality of histo- and cytochemical studies of skeletal musile in the investigation of neuromuscular disease. *Wenral.*, 12 : 778~794, 1962.

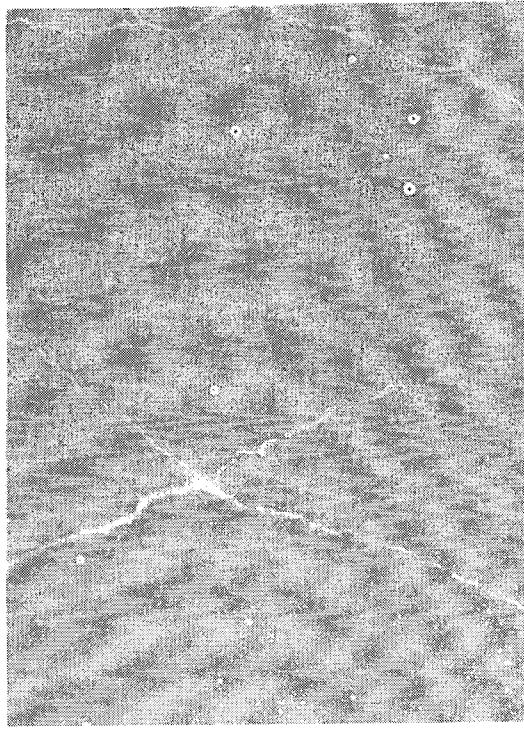
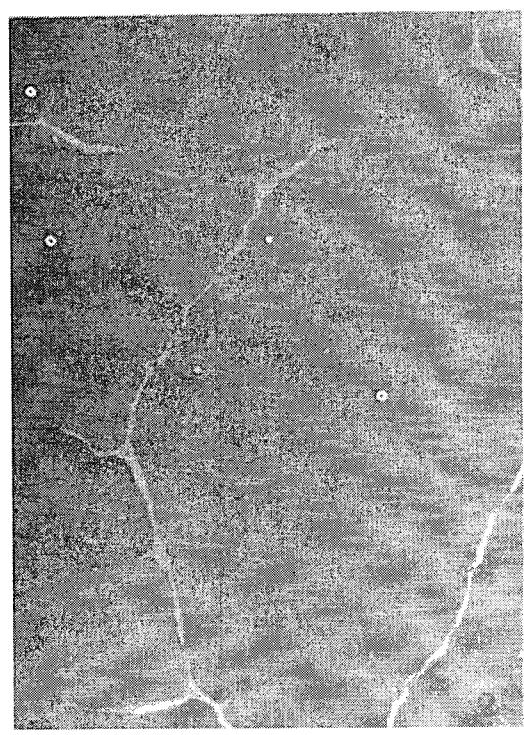
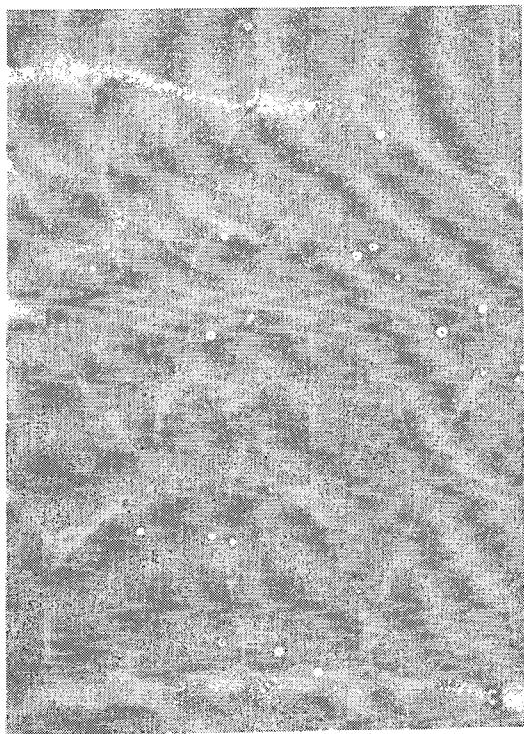
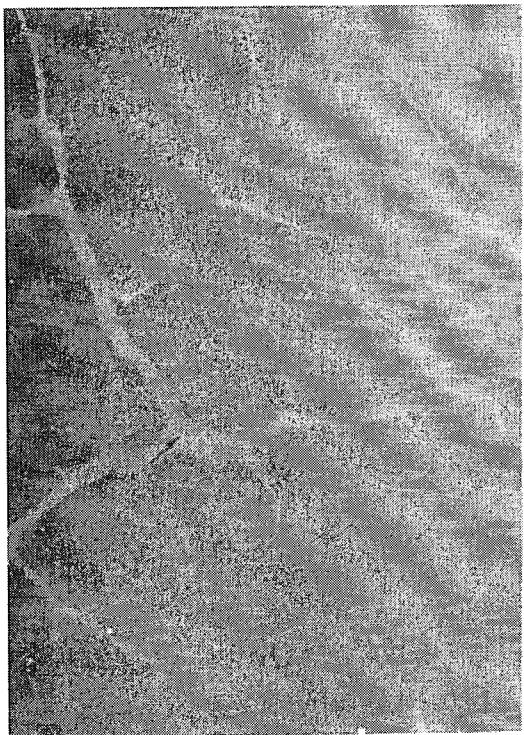
21. Essen, B., et al. : Metabolic characteristic of fiber types in human skeletal muscle. *Acta Physiol. Scand.*, 95: 153-165, 1975.
22. Fox, E.L. and Mathews, D.K. : The Physiological Basis of Physical Education and Athletics. 3rd ed., Philadelphia, Sounders Collage Pub., 1981, pp.81-114.
23. Fox, E.L., Robinson, S. and Wiegman, D.L. : Metabolic energy sources during continuous and interval running. *J. Appl. Physiol.*, 27: 174-178, 1969.
24. Gollnick, P., et al. : Enzyme activity and fiber composition in skeletal muscle of untrained and trained men. *J. Appl. Physiol.*, 33: 312-319, 1972.
25. Guth, L., Watson, P. and Brown, W.C. Effect of cross reinnervation on some chemical properties of red and white muscle of rat and cat. *Exp. Neurol.*, 20: 52, 1968.
26. Hickson, R.C., et al. : Effect of increased plasma fatty acids on glycogen utilization and endurance. *J. Appl. Physiol. : Respirat. Environ. Exercise Physiol.*, 43: 829-833, 1977.
27. Holly, R.G., Barnett, J.G., Ashmore, G.R., Taylor, R.G. and Mole, P.A. : Stretch-induced growth in chicken wing muscles: a new model of stretch hypertrophy. *Am. J. Physiol.*, 238(1) : c62-c71, 1980.
28. Karlsson, J. : Lactate and phosphagen concentrations in working muscle of man. *Acta Physiol. Scand. (Suppl. 358)* : 1-72, 1971.
29. Karlsson, J., et al. : Relevance of muscle fiber type to fatigue in short intense and prolonged exercise in man. In human muscle fatigue : Physiological Mechanism. Pitman Medical, London, 1981, pp.59-74.
30. Karpati, G. and Engel, W.K. : Transformation of the histochemical profile of skeletal muscle by foreign innervation. *Nature*, 215 : 1598, 1967.
31. Kim, H.K. and Nam, S.Y. : Effect of ginseng saponin on serum alanine aminotransferase activity in trained rats. *Korean J. Zool.*, 33(3) : 297-302, 1990.
32. Komi, P. and Buskirk, E. : The effect of eccentric and concentric muscle activity on tension and electrical activity of human muscle. *Ergonomics*, 15 : 417-434, 1972.
33. Komi, P., et al. : Anaerobic performance capacity in athletes. *Acta Physiol. Scand.*, 100 : 107-114,

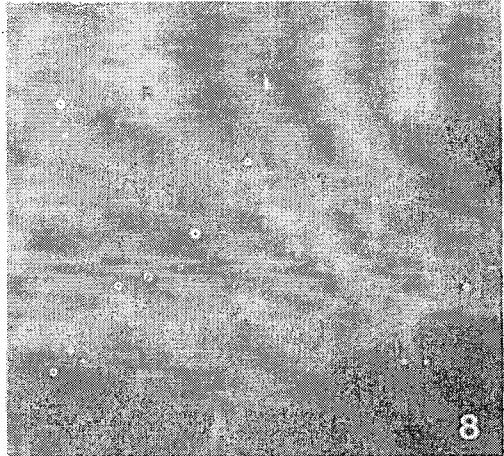
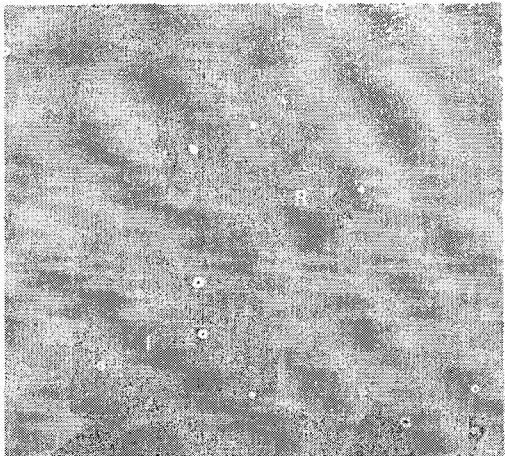
1972.

34. Kugelburg, E. and Edström, L. : Differential histochemical effects of muscle contractions on phosphorylase and glycogen in various types of fibers: relation to fatigue. *J. Neurol. Neurosurg. Psychiat.*, 41:5, 1968.
35. Moffroid, M.T. and Whipple, R. H. : Specificity of speed of exercise. *J. Am. Physiol. Ther. Assoc.*, 50:1699-1704, 1970.
36. Ogata, T. and Mori, M. : Histochemical study of oxidative enzymes in vertebrate muscle. *Acta Med. Okayama*, 18:171, 1964.
37. Pipes, T. and Wilmore, J. : Iso-kinetic vs. isotonic strength training in adult men. *Med. Sci. Sports*, 7:262-274, 1975.
38. Romanul, F.C.A. : Enzymes in muscle. I. Histochemical studies of enzyme in individual muscle fiber. *Arch. Neurol.*, 11:355, 1964.
39. Romanul F.C.A. and Hogan, E.L. : Enzymatic changes innervated muscle : I. Histochemical studies. *Arch. Neurol.*, 13:263, 1964.
40. Romanul, F.C.A. and Meulen, J. P. : Slow and fast muscle after cross innervation. *Arch. Neurol.*, 17:387, 1967.
41. Suzuki, A. and Tamate, H. : Distribution of myofiber types in the hip and thigh musculature of sheep. *Anat. Rec.*, 221:494-502, 1988.
42. Talag, T. : Residual muscular soreness as influenced by concentric, eccentric and static contraction. *Res. Quart.*, 44:458-469, 1973.
43. Wahren, J., Hagenfeldt, L. and Felig, P. : Glucose and free fatty acid utilization in exercise. *Israel J. Med. Sci.*, 11:551-559, 1975.
44. Wakil, S. (ed.) : *Lipid metabolism*. N.Y.: Academic Press, 1971.
45. Weibel, E.R., Kister, G.H. and Scherle, W.F. : Practice stereological methods for morphometric cytology. *J. Cell Biol.*, 30:23, 1966.
46. White, N.A.H., McGavin, M.D. and Smith, J.E. : Age related changes in percentage of fiber types and mean fiber diameters of the bovine quadriceps muscle. *Am. J. Vet. Res.*, 39:1297-1302, 1978.

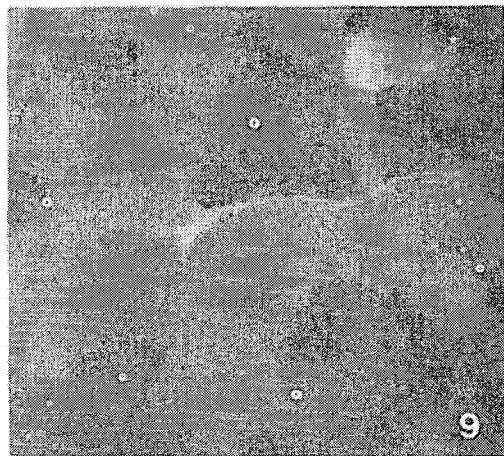
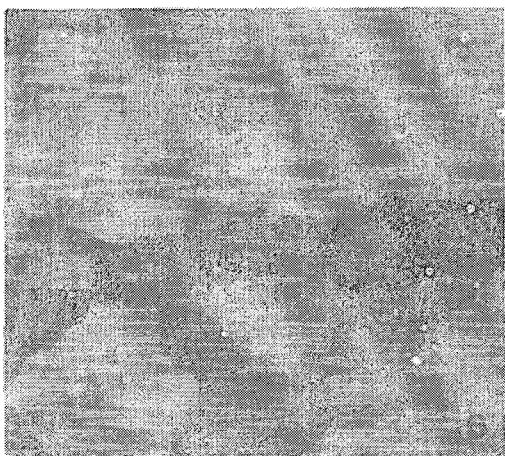
Figure Legends

- Fig. 1, 3. Tibialis anterior (Fig. 1) and gastrocnemius (Fig. 3) from control rat (H-E stain, $\times 200$)
The sarcolemma of the muscle fibers is appeared to delicate surface. Note widened perimysium (arrow) and endomysium (arrow head) area.
- Fig. 2, 4 Tibialis anterior (Fig. 2) and gastrocnemius (Fig. 4) from exercised rat for 8 weeks (H-E stain, $\times 200$).
The sarcolemma of the muscle fibers is appeared to irregular surface. Narrowing perimysium (arrow) and endomysium (arrow head) are observed.
- Fig. 5-10. Tibialis anterior from control and exercised rat.
R : red fiber, I : intermediate fiber, W : white fiber
- Fig. 5. Control group (NADH-TR reaction, $\times 200$)
- Fig. 6. Exercised group for 4 weeks (NADH-TR reaction, $\times 200$)
- Fig. 7. Exercised group for 8 weeks (NADH-TR reaction, $\times 200$)
- Fig. 8. Control group (Myosin ATPase reaction, $\times 200$)
- Fig. 9. Exercised group for 4 weeks (Myosin ATPase reaction, $\times 200$)
- Fig. 10. Exercised group for 8 weeks (Myosin ATPase reaction, $\times 200$)
- Fig. 11-16. Gastrocnemius from control and exercised rat.
R : red fiber, I : intermediate fiber, W : white fiber
- Fig. 11. Control group (MADH-TR reaction, $\times 200$)
- Fig. 12. Exercised group for 4 weeks (MADH-TR reaction, $\times 200$)
- Fig. 13. Exercised group for 8 weeks (MADH-TR reaction, $\times 200$)
- Fig. 14. Control group (Myosin ATPase reaction, $\times 200$)
- Fig. 15. Exercised group for 4 weeks (Myosin ATPase reaction, $\times 200$)
- Fig. 16. Exercised group for 4 weeks (Myosin ATPase reaction, $\times 200$)

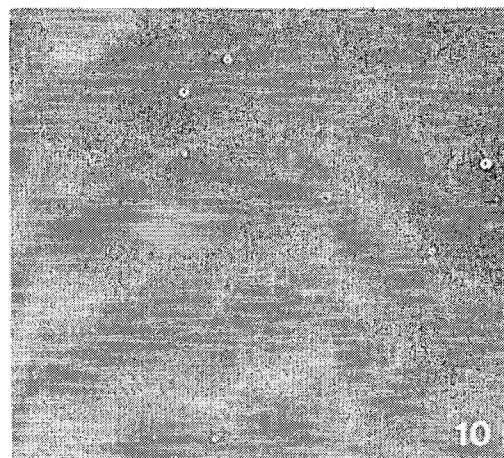
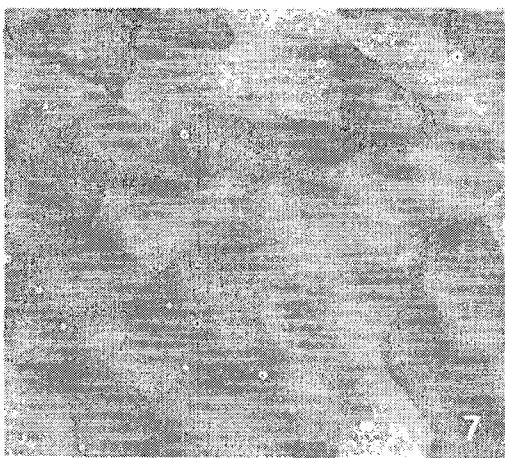




8



9



7

10

