

## 인체 척추근의 근섬유형에 관한 효소 조직화학적 연구

전남대학교 의과대학 정형외과학교실 · 임상병리학교실\*

박순규 · 노성만 · 서순팔\* · 유주용\*

= Abstract =

### Histochemical Study of Muscle Fibers in Human Vertebral Muscle

Soon Kyu Park, M.D., Sung Man Rowe, M.D., Soon Pal Suh\*, M.D.  
and Joo Yong Yoo\*, M.D.

*Departments of Orthopedic Surgery and Clinical Pathology\*, Chonnam University Medical School,  
Kwangju, Korea*

We evaluated the muscle fiber characteristics, the mean proportion of muscle fiber types and its range of individual difference in human vertebral muscle.

Muscle samples used were from subjects who had a relatively brief history of spinal dysfunction such as compression fracture, disc hernia etc., and obtained from precisely defined superficial and deep sites on both sides of the vertebral column. In particular, samples were collected from three different levels of the column and flash-frozen sections of biopsied adult vertebral muscles were stained for H-E, trichrome, PAS, regular and reversed myosin ATPase, and SDH.

Discrimination of muscle fiber types in H-E and trichrome stained sections was not evident. Three types of muscle fibers were, however, evident in PAS-stained sections according to the degree of positivity in observed vertebral muscles.

The mean proportion of muscle fiber types was different in regular and reversed myosin ATPase, and SDH stains and the majority of fiber types in human vertebral muscles was type I in three different levels of vertebral column. There was a decreasing tendency in percentage of type I fibers at both superficial and deep levels as the vertebral column descended.

The size of muscle fibers was relatively larger in deep levels than in superficial levels of vertebral muscles. The human vertebral muscle showed moderately individual and regional differences in the mean size of fiber types.

The evaluation for the combination patterns of various enzyme histochemical activities showed that the common muscle fiber types(type I, II A and II B) were moderately reduced in the mean proportions and unusual rare muscle fiber types increased in number. And the decreasing tendency in the mean proportion of type I as the vertebral column descended was not evident in the combination patterns of histochemical activities.

**Key Words:** Vertebral musculature, Muscle fiber type, Histochemistry, Variation.

## 서론

골격근의 근섬유가 조직화학적으로 서로 다른 유형 즉 I 형과 II 형으로 구분되어짐은 일찌기 Dubowitz와 Pearse<sup>15)</sup>에 의하여 알려졌다

며, Brooke와 Kaiser<sup>11)</sup>는 근조직편을 pH4.6 완충액으로 전처리한 후 시행한 myosin ATPase 염색으로 II 형 섬유를 II A와 II B로 세분하였다.

그러나 이외에도 골격근 근섬유는 각종 효소 조직화학적 염색의 복합특성과 생리적 기능 등

에 의하여 IIC형 등의 서로 다른 유형으로 분류되고 있으며<sup>11,31)</sup>, 이러한 세분된 근섬유형의 생리적, 생화학적 및 임상적 연관성은 아직도 이론이 많은 실정이다.

효소 조직화학적 특성에 의해 구분되는 포유동물 골격근의 근섬유형은 동물의 종류나 골격근의 종류 및 위치, 그리고 부위에 따라 그 구성비가 다양하다고 알려져 있다<sup>1,6,37)</sup>. 사람의 골격근 역시 근의 종류나 부위에 따라 실험동물에서와 같이 근섬유형의 구성비에 차이가 있음이 보고되고 있어<sup>3,4,11,13,19,31)</sup>, 사람의 골격근에 있어서 근 종류별 및 부위별 근섬유형의 구성분포 확립은 원발성 및 속발성 근질환의 병태생리 규명이나 근질환을 진단하는데 있어 먼저 해결되어야 할 중요 과제 중의 하나이다.

이에 저자들은 정상 성인의 각종 골격근에 대한 효소 조직화학적 특성과 근섬유형의 구성분포를 확립하는 일환으로 척추 측만증, 후굴증 및 척추근 위축 등 각종 척추질환의 원인과 병태생리에 밀접한 관련성이 있다고 알려진 사람의 척추근을 대상으로 조직학적 및 효소 조직화학적 염색을 시행하여 근섬유형의 구성비를 관찰하고자 본 연구를 시도하였다.

## 재료 및 방법

재료는 골절 및 탈구증, 추간판 탈출증 등으로 척추수술을 받은 성인 9명을 대상으로 하였다. 성별 분포는 남자 7명, 여자 2명이었으며 연령별 분포는 27세부터 53세까지였다.

척추근의 생검편은 상부(제3흉추), 중부(제9흉추) 및 하부(제3요추)등의 3부위로 나누어 천층과 심층으로 구분하고 각각 좌우대칭이 되도록 하였다.

천층은 척추의 극돌기로 부터 1cm거리에 위치한 최장근을, 그리고 심층은 척추의 추궁판으로 부터 1cm 거리에 위치한 다열근을 대상으로 하여 각각 1×1×0.5cm크기로 절취하였다.

### 1. 냉동조직편의 제작

채취한 근조직은 횡단면이 되도록 각 위치를 확인한 후 급속 block위에 OCT compound로 봉매하여, 근형질내 ice crystal 형성을 방지하기 위하여 액체질소에서 급속냉동시켜 -75℃ 냉동기에 1-4주간 보관하였고, 이를 -20℃ 냉동절편기에 옮겨 10um 두께로 연속절편을 만

들어 다음과 같은 조직학적 및 효소 조직화학적 염색을 시행하였다.

### 2. 조직학적 및 효소 조직화학적 염색

1) Hematoxylin-eosin(H-E) 염색:근섬유가 명확히 구분되도록 통상적인 H-E 염색법과는 달리 hematoxylin에는 4분간, 그리고 eosin에는 1-2초간 짧게 염색하였다.

2) Trichrome 염색:Gomori법의 변법<sup>21)</sup>으로 Harris Hematoxylin에 5분간 염색한 후, chromotrope 2R과 fast green FCF등으로 만든 Gomori액(pH 3.4)에 10분간 염색 하였으며, 0.2% 초산으로 분별시켰다.

3) Periodic acid Schiff(PAS) 염색:통상의 염색법으로 하였다.

4) Regular myosin ATPase 염색:Calcium법<sup>35)</sup>을 이용하였다. 즉 calcium barbital 완충액(0.02 M, pH 9.4)에 15분간, 그리고 ATP기질액(0.005 M, pH 9.4)에 37℃로 30분간 반응시켰으며, 1% calcium chloride액과 2% cobalt chloride액으로 각각 치환 수세시킨 뒤, 1% yellow ammonium sulfide액으로 3분간 발색시켰다.

5) Reversed myosin ATPase 염색:ATPase염색법과 동일하나 근 조직편을 calcium barbital액에 반응시키기 전에 acetate완충액(pH 4.6)에 5분간 전처리시켰다.

6) Succinic dehydrogenase(SDH) 염색:Nachlas등<sup>34)</sup>의 방법을 이용하여, 10ml phosphate 완충액(0.2 M, pH 7.6)과 10ml의 sodium acetate액(0.2 M) 및 20ml의 nitroblue tetrazolium(NBT;1mg/ml)액이 함유된 기질액에 37℃로 45분간 반응시켰다.

### 3. 근섬유형 구성비의 산정

각 근조직 절편을 광학현미경으로 관찰하여 염색상이 좋고 근섬유의 구분이 뚜렷한 곳을 선택하여 40배, 100배 및 200배의 현미경 사진을 촬영한 뒤 환등 슬라이드를 만들었다. 그리고 투영되

Table 1. Enzyme histochemical reactions in human vertebral muscle

Muscle fiber type	I	IIA	IIB
Regular ATPase(pH 9.4)	●	●	●
Reversed ATPase(pH 4.6)	●	○	●
SDH	●	●	○

○ = Weak, ● = Moderate, ● = Strong

는 동 슬라이드내의 근섬유를 세었으며 Table 1에 제시한 기준에 따라 근섬유를 구분하여 그 분포를 산정하였다.

한편 연속 절편된 동일한 근섬유에 대한 각종 효소 조직화학적 소견을 종합하여 각 근섬유의 복합된 효소 활성을 근거로 근섬유형을 결정하였다.

#### 4. 근섬유 크기의 측정

SDH활성에 의해 구분되는 각 근섬유형을 염색상이 좋고 각 형별간의 경계가 뚜렷한 곳에서 미측 현미경을 사용하여, 이들의 장축과 단축을 계측하였으며, 장축이 단축의 2배 이상 되는 경우는 사단면으로 간주하고 측정대상에서 제외시켰다.

### 성 적

#### 1. 조직학적 및 조직화학적 염색에 의한 근섬유의 구분

Table 2에서와 같다. 즉 H-E염색과 trichrome 염색소견에서는 각 부위별로 척추근 근섬유형의 구분이 명확하지 못하였다(부도 1, 2).

그러나 PAS염색에서는 양성 당원과립의 양에 따라 3가지 유형의 근섬유가 구분되어, 척추근의 각 부위, 천층 및 심층 그리고 좌우별로 모두 중등도의 양성 과립을 갖는 M섬유형이 가장 많았고, 강함 양성반응을 보이는 S섬유형이 가장 적었는데(부도 3), 이러한 PAS반응양상에 의한 근섬유형의 구성비는 개체에 따라 심한 차이를 보였다.

#### 2. Regular myosin ATPase 및 reversed myosin ATPase 활성에 의한 근섬유형의 구분

Table 3 및 Fig. 1에서와 같다. 즉 regular myosin ATPase에 의해서는 I형 및 II형의 2가지 유형의 근섬유만이 구분되어(부도 4, 8), myosin ATPase염색상 약하게 염색되는 I형이 제3흉추부의 척추근에서는 71.7-77.1%였고 제9흉추부는 64.1-69.7%, 그리고 제3요추부는 59.7-64.5%로서 주를 이루고 있으며, 강한 활성을 보이는 II형 섬유는 22.9-40.3%의 분포를 보였는데, 부위가 내려갈수록 I형 섬유의 구성분포는 감소되는 경향이였다.

Reversed myosin ATPase염색에서는 효소활성에 따라 3형의 근섬유가 구분되었다(부도 5, 7). 척추근 근섬유의 reversed myosin ATPase

Table 2. Mean proportions(%) and its ranges of muscle fiber types in both sides of the human vertebral column at three levels(T<sub>3</sub>, T<sub>9</sub> and L<sub>5</sub>) by H-E, trichrome and PAS stains(n=9)

Level Fiber Stain	T <sub>3</sub>				T <sub>9</sub>				L <sub>3</sub>				
	Superficial		Deep		Superficial		Deep		Superficial		Deep		
	Right	Left	Right	Left	Right	Left	Right	Left	Right	Left	Right	Left	
H-E	Poorly classifiable												
Trich- rome	Poorly classifiable												
PAS	S	19.8	22.8	20.1	17.5	22.6	19.5	22.3	18.6	21.6	20.5	20.1	26.6
		(8.8-33.2)	(11.2-33.8)	(7.5-39.2)	(7.3-32.1)	(11.3-34.5)	(15.6-27.3)	(10.3-40.1)	(8.7-33.5)	(12.9-31.6)	(11.6-32.1)	(13.2-30.1)	(19.8-37.2)
	M	51.2	53.3	49.8	51.6	52.5	47.8	49.6	51.1	46.5	43.7	51.0	40.7
		(21.3-70.5)	(29.3-70.2)	(18.4-63.2)	(30.4-62.7)	(45.3-67.2)	(43.2-58.3)	(38.2-61.8)	(32.7-73.2)	(37.0-60.2)	(29.8-52.3)	(42.7-58.9)	(42.6-54.3)
W	29.0	23.9	30.1	30.9	24.9	32.7	28.1	30.3	31.9	35.8	28.9	32.7	
	(10.4-45.1)	(9.8-33.7)	(13.4-41.5)	(12.2-47.1)	(9.3-40.2)	(21.6-40.1)	(19.3-50.1)	(19.1-48.4)	(19.6-41.7)	(27.1-43.3)	(9.5-40.0)	(17.6-43.5)	

D: Dark stained, L: Light stained, ( ): Ranges of individual difference in fiber types, S: Strongly reactive, M: Moderately reactive, W: Weakly reactive.

Table 3. Mean values(%) of proportion and its ranges of muscle fiber types in both sides of the human vertebral column at three levels(T<sub>3</sub>, T<sub>9</sub> and L<sub>3</sub>) by regular myosin ATPase, reversed myosin ATPase and SDH stains(n=9)

Level Muscle fiber	Superficial						Deep					
	T <sub>3</sub>			L <sub>3</sub>			T <sub>9</sub>			L <sub>3</sub>		
	Right	Left	Right	Left	Right	Left	Right	Left	Right	Left	Right	Left
Stain												
Regular I	71.7	75.8	68.5	64.2	59.7	61.3	73.3	77.1	64.1	69.7	63.1	64.5
ATPase	(59.4-78.5)	(49.9-90.3)	(40.9-92.3)	(39.7-90.8)	(47.8-61.3)	(49.8-80.1)	(52.9-83.2)	(56.5-89.7)	(42.8-79.1)	(42.7-89.9)	(53.8-80.1)	(41.9-80.8)
* II	28.9	24.7	31.5	35.8	40.3	38.7	24.7	22.9	35.9	30.3	36.9	35.5
	(16.3-39.5)	(14.4-36.5)	(12.9-54.4)	(28.3-45.9)	(30.8-52.7)	(25.9-58.6)	(12.3-32.2)	(12.9-38.6)	(18.9-46.4)	(16.8-45.4)	(22.4-42.8)	(25.9-39.8)
Reversed I	70.8	75.9	66.5	68.2	65.6	62.3	75.7	72.2	70.3	67.4	64.4	66.9
ATPase	(52.4-87.7)	(59.2-91.1)	(42.5-83.9)	(30.9-88.2)	(40.7-90.8)	(43.7-93.1)	(55.9-88.4)	(58.3-81.4)	(59.4-82.9)	(48.7-72.9)	(42.8-89.0)	(50.9-72.4)
II A	11.6	14.0	14.1	17.5	23.2	20.4	6.4	14.4	14.7	22.5	20.4	25.8
	(8.2-16.7)	(9.8-20.1)	(9.8-32.4)	(7.3-28.6)	(9.9-37.6)	(8.9-35.8)	(4.8-15.2)	(6.5-22.8)	(8.7-23.8)	(11.8-31.2)	(9.8-28.7)	(11.6-35.7)
II B	17.6	10.1	19.4	14.3	11.2	17.3	17.9	13.4	15.0	10.5	15.2	7.3
	(9.5-26.2)	(5.7-14.9)	(11.8-29.8)	(6.4-29.1)	(6.3-25.5)	(7.2-30.1)	(8.9-23.2)	(5.9-30.8)	(9.8-23.8)	(5.8-14.1)	(9.9-22.8)	(4.1-19.2)
SDH I	69.2	72.2	61.0	57.4	59.9	51.8	76.8	75.2	59.2	61.6	55.6	57.1
	(60.9-77.8)	(57.8-92.3)	(33.2-81.9)	(49.9-80.1)	(41.1-72.3)	(32.4-80.9)	(49.8-88.8)	(55.7-87.8)	(44.8-68.2)	(45.8-73.3)	(48.2-78.6)	(43.3-77.9)
II A	20.9	19.9	20.5	22.9	24.8	26.7	14.8	13.4	23.2	24.1	32.3	28.1
	(10.8-30.7)	(12.7-27.8)	(11.9-32.3)	(15.4-28.8)	(19.7-32.8)	(11.8-31.1)	(9.9-19.8)	(6.8-20.8)	(8.4-33.8)	(10.9-30.5)	(18.2-40.9)	(14.2-33.8)
II B	10.7	7.9	18.5	19.6	15.3	23.5	8.4	11.4	17.6	14.3	12.1	14.8
	(5.4-17.9)	(4.5-15.8)	(9.0-23.4)	(9.9-29.8)	(7.8-29.5)	(11.1-32.1)	(4.2-11.8)	(6.4-20.7)	(9.2-23.8)	(8.9-19.8)	(9.4-16.9)	(6.9-26.2)

( ): Ranges of individual proportions of fiber types in the biopsied human vertebral muscles, \*: Including minor proportions of type IIC fibers.

활성도도 효소 활성도가 높은 I형 섬유가 부위에 관계없이 천층은 62.3-75.9%, 그리고 심층은 66.4-75.7%로서 가장 높은 구성비를 보였지만, regular myosin ATPase염색에서와 같이 척추의 부위가 낮아질수록 I형 섬유의 구성분포는 감소되는 경향을 나타냈고, 약한 활성을 갖는 IIA형과 중등도의 IIB형 섬유의 척추근의 좌우별 분포도는 다소 차이가 있었다.

이와 같이 regular 및 reversed myosin ATPase염색상에서 관찰되는 척추근의 근섬유형 구성비는 I형 섬유가 60.0-75.0% 정도, 그리고 II형(IIA 및 IIB) 섬유는 25.0-40.0%의 분포임을 알 수 있었으며, 척추의 부위가 낮아질수록 I형섬유 구성비는 감소되고, II형 섬유의 구성비는 증가되는 경향이었다.

### 3. SDH활성에 의한 근섬유형의 구성비

SDH염색에서도 척추근의 근섬유형은 reversed myosin ATPase염색처럼 3가지 형으로 구분되었다(Table 3, Fig. 1). 천층과 심층 모두 활성이 강한 I형 섬유가 51.8-76.8%로서 가장 높은 구성비를 차지하였으며, 약한 활성의 IIB형 섬유가 7.9-23.5%로서, 중등도 활성의 IIA형 섬유보다 다소 낮은 구성분포였다. SDH활성에 의한 근섬유 구분도 다른 염색조건에서와 같이 척추근의 부위에 따라 다소 차이를 나타내 낮은 부위일수록 강한 활성의 I형 섬유의 구성비가 높은 부위에 비하여 낮아지는 경향이었다.

### 4. 근섬유 크기의 산정

근섬유형이 비교적 명확히 구분되는 SDH염색 표본에서 관찰한 I, IIA 및 IIB형 섬유의 크기는 Fig. 2에서와 같다. 대체적으로 척추근의 각 부위 모두 천층의 근섬유보다 심층의 근섬유의 크기가 더 컸고, 근섬유형에 관계없이 개개 근섬유의 장축 및 단축의 범위는 매우 넓었다. 제3흉추부에서 천층은 IIA형이 101.6×80.2um으로 가장 컸으나, 심층의 경우 IIB형이 106.6×85.7um으로 가장 컸다.

한편 제9흉추부는 천층 및 심층 모두 IIA형 섬유가 가장 크고, 제3요추부에서는 천층은 I형 섬유가 그리고 심층은 IIA형 섬유가 가장 컸다.

### 5. 동일 근섬유의 복합적 효소활성에 의한 근섬유형의 구분

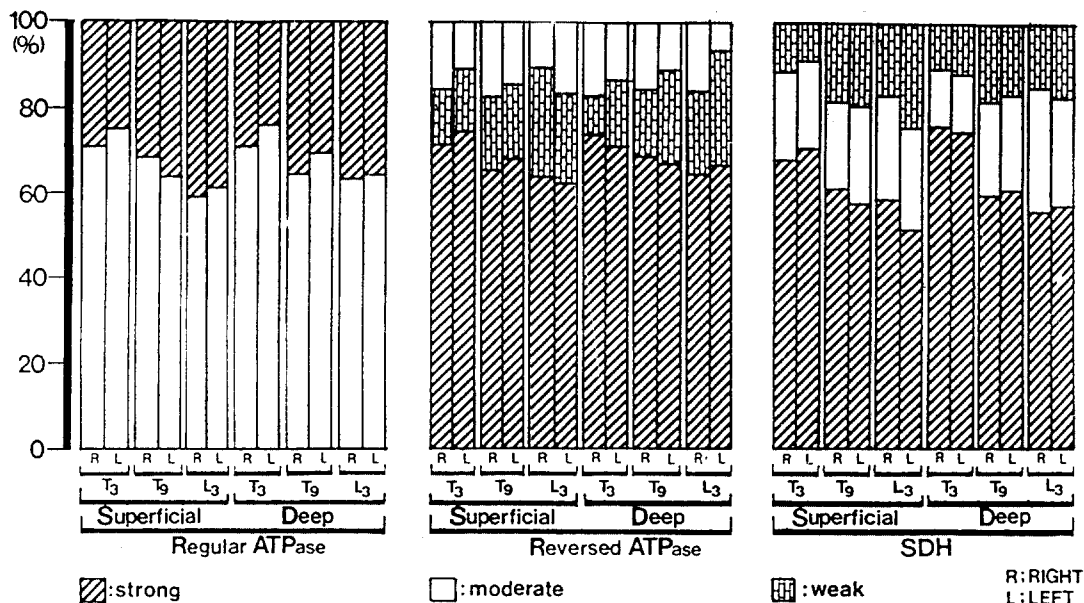


Fig. 1. The histogram showing proportions(%) of muscle fiber types in both sides of the human vertebral column at three levels(T<sub>3</sub>, T<sub>9</sub> and L<sub>3</sub>) by regular myosin ATPase, reversed myosin ATPase and SDH stains(n=9).

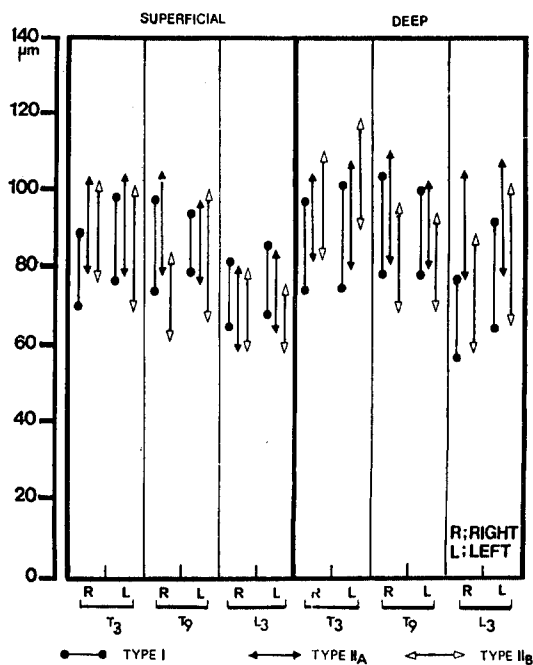


Fig. 2. Mean diameters(μm) of long axis(upper mark) and short axis(lower mark) of muscle fiber types in both sides of the human vertebral column at three levels(T<sub>3</sub>, T<sub>9</sub> and L<sub>3</sub>) by SDH stain.

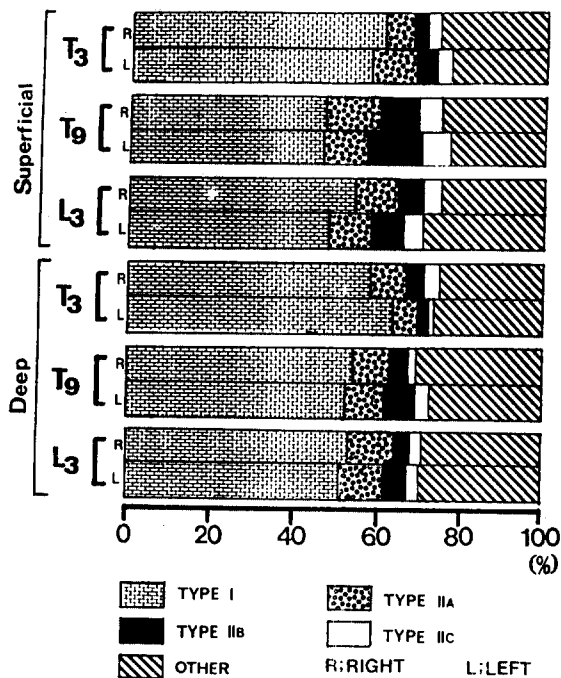


Fig. 3. The histogram showing proportions (%) of muscle fiber types in both sides of the human vertebral column at three levels(T<sub>3</sub>, T<sub>9</sub> and L<sub>3</sub>) by combination patterns of regular myosin ATPase, reversed myosin ATPase and SDH activities in serially sectioned identical muscle fibers.

**Table 4.** Proportion(%) of muscle fiber types in both sides of the vertebral column at three levels(T<sub>3</sub>, T<sub>9</sub> and L<sub>3</sub>) by combination patterns of regular myosin ATPase, reversed myosin ATPase and SDH activities in serially sectioned identical muscle fibers

Side Type	T <sub>3</sub>		T <sub>9</sub>		L <sub>3</sub>	
	Right	Left	Right	Left	Right	Left
Superficial						
I	61.1	57.8	47.5	46.6	54.2	48.1
IIA	7.3	10.9	12.2	10.5	9.8	10.1
IIB	2.8	3.9	8.4	12.8	5.9	6.7
IIC	3.5	4.3	7.3	7.7	4.9	5.8
Other	25.3	23.1	24.6	22.5	25.2	29.3
Deep						
I	58.0	62.5	53.8	51.7	53.0	50.8
IIA	8.0	5.9	11.2	9.5	10.7	9.5
IIB	4.1	3.3	2.3	6.8	4.1	6.4
IIC	5.2	1.7	2.8	4.2	3.3	3.8
Other	24.7	26.6	30.2	27.8	28.9	29.5

동일 근섬유에 대한 regular 및 reversed myosin ATPase와 SDH의 복합 효소활성으로 근섬유형을 구분하여 종합한 성적은 Table 4 및 Fig. 3에서와 같다.

제3흉추부와 제9흉추부의 I형 섬유는 단독 효소활성에 의한 구성비보다 15% 정도 낮은 57.8-62.5% 및 46.6-53.8%이고, 제3요추부에서는 단독 효소활성에 비하여 10% 정도 낮은 48.1-64.2%로서 좌우 모두 비슷한 구성분포를 보였지만, IIA형과 IIB형에서는 척추근의 좌우별 부위에 따른 차이점을 관찰하기 어려웠으며 효소염색에 의해 구분되는 통상적인 근섬유형인 I형 IIA형 및 IIB형은 척추근 근섬유의 총 64.9-72.6%를 차지하며 나머지는 회귀 근섬유형인 IIC형이 1.7-7.7%, 그리고 미확인 근섬유가 전체의 22.5-29.5% 가량 관찰되었다(부도 10-a, b, c).

## 고 안

사람의 골격근은 실험동물에서와 같이 효소 조직화학적 성상에 의하여 3가지 유형의 근섬유로 구분할 수 있음은 주지의 사실이지만, 그 대부분이 근질환을 갖는 환자에서 시행한 침생검 성적<sup>11,17,20,21,31)</sup>으로, 근섬유형의 구성 분포나 병변의 양태가 근질환의 종류에 따라 상당한 차이가 있음이 알려진 점<sup>2,5,11,12,30,31)</sup>이나, 침생검과 조직절편 생검에 의한 근섬유형의 구성비는 서로 차이가 많다는 보고<sup>19)</sup>등으로 미루어 이들

성적을 해당 골격근의 근섬유형 구성비로 단정하기에는 많은 문제점이 있다. 따라서 정상 골격근의 근섬유형 구성비는 절편생검 성적이 가장 이상적이라 하겠다.

척추 배부근은 장능근, 최장근, 척추극근, 다열근 및 회선근 등으로 세분되며, 이중 최장근은 가장 천층에 위치하여 척추를 신전시키거나 측방으로 굴곡시키는 기능을 주로 하고, 다열근은 천골척추근보다 더 심부에서 척추 극돌기 양측 함몰부를 채우고 있으며 척추를 측방으로 굴곡시키거나 회전시키는 것을 주기능으로 한다<sup>14,22,23)</sup>.

최근에 특발성 척추 만곡증이나 추간판 탈출증 등의 각종 척추질환의 발병과 경과에 척추근의 불균형이나 기능장애가 밀접히 관련함이 밝혀짐에 따라<sup>26,32,36,39,40)</sup>, 정상 척추근의 조직학적 및 조직화학적 성상에 의한 근섬유형 구성비 확립은 이들 질환의 원인이나 병태생리를 규명하는 데 선결되어야 할 과제중 하나이다. 하지만 척추의 각 부위나 위치에 따른 척추근 생검을 시행하여 근조직을 절취하는데는 현실적으로 어려운 점이 많아서, 대부분은 부검조직이나 원숭이 같은 실험동물을 대상으로 척추근 근섬유의 구성비를 보고하고 있는 실정이다<sup>26,30,36)</sup>.

본 연구에서 관찰한 척추근(최장근 및 다열근)의 근섬유형 구분을 보면 H-E와 trichrome 염색에서는 근섬유형 구분이 불명확하였는데, 이러한 성적은 Pullen<sup>37)</sup>, 김과 유<sup>1)</sup>, 유와 김<sup>5)</sup>등

이 백서의 전경골근과 가자미근에서 비교적 용이하게 2가지 유형의 근섬유를 구분할 수 있다고 한 성적과는 차이가 있으나, 배와 유<sup>3)</sup>, 그리고 양과 유<sup>4)</sup>가 보고한 사람의 복직근과 사지 골격근에서 근섬유의 유형별 구분이 불가능하였다는 성적과는 유사하였다.

그러나 PAS 염색에서는 척추근의 근섬유 역시 3가지 유형으로 구분되었으나 척추근의 부위나 위치에 따른 근섬유형 분포비에는 별다른 차이가 관찰되지 않았다. PAS 양성반응은 주로 당원과립에 기인되나 이외에도 근형질내 mucopolysaccharide, glycoprotein, mucoprotein, glycolipid 및 phospholipid등이 관여하고<sup>42)</sup>, 동물의 종류<sup>9, 10)</sup>, 근육의 위치<sup>41)</sup>, 운동량<sup>16, 33)</sup> 및 당원대사<sup>10)</sup> 등에 따라 차이가 많다고 알려져 있는데 본 연구에서 관찰한 개체별 PAS 양성반응 정도차이 역시 이런 측면에서 검토되어야 할 것 같다.

한편 myosin ATPase 염색에 의한 사람 척추근의 근섬유 분포는 염색법에 따라 상당한 차이가 있었다. 즉 regular myosin ATPase 염색에서는 활성 정도에 따라 근섬유내 활성이 약한 I형 섬유와 활성이 강한 II형 섬유로만 구분되었으나 이러한 구성비는 개체에 따라서 그리고 척추의 부위별로 서로 상이함을 보여 주지만 근섬유의 대부분인 59.1-77.1%가 I형 섬유로만 관찰되었다.

그러나 myosin ATPase 염색전 pH 4.6액으로 전처리한 reversed myosin ATPase 염색에서는 근섬유형이 3가지 유형으로 구분되었고 근섬유 구성비는 regular myosin ATPase 염색에서와 같이 I형 섬유가 62.3-75.9%로서 대부분을 차지하고 II형과 II형 섬유 구성비는 부위에 따라 다소 차이가 있음을 알 수 있었다. 또한 SDH 염색에서도 척추근은 3가지 섬유형으로 구분되며, 3가지 유형중 I형 섬유가 가장 많고 II형 및 II형의 순서임을 보여주고 있다.

본 관찰조건에서 특기할 것은 regular myosin ATPase, reversed myosin ATPase 및 SDH 염색상 척추근의 천층과 심층이 좌우 모두 근섬유형 구성분포에 별다른 차이가 없으며, 주된 근섬유는 I형 섬유이고 척추의 부위가 낮아질수록 I형 섬유의 구성비가 감소한다는 점이다. 골격근의 근섬유형의 구성비가 효소염색의 종류, 근육의 부위나 위치 등에 따라 차이가 있음은 이미 여러 학자에 의해 보고된 바 있는데<sup>1, 22, 23, 30, 37)</sup>, 척추에서 관찰한 성적의 대부

분은 I형과 II형으로만 구분하여 관찰하였고, II형 섬유를 II형, II형 및 II형 등으로 세분하여 근섬유형 구성비를 관찰한 문헌은 접하기 어려운 실정이다.

효소 조직화학적 염색에 의한 근섬유형은 일반적으로 근섬유 자체의 특성보다도 지배되는 운동신경원과 밀접한 관련이 있으며<sup>20)</sup>, 이밖에 근육의 운동량<sup>27, 28)</sup> 등의 근섬유내 이차적인 대사활성의 변동에 의한 효소활성의 변화가 근섬유 구성비에 많은 영향을 끼친다고 한다.

척추근의 근섬유형의 크기를 보면 제3흉추 부위에서는 천층은 II형이, 심층은 II형이 가장 크고 제9흉추 부위는 두 층 모두 II형이, 그리고 제3흉추 부위의 천층은 I형 섬유가 심층은 II형이 가장 커서 척추의 부위에 따라 서로 차이가 많았는데, 대부분의 학자들<sup>7, 24, 26, 39)</sup>은 척추근에서 I형 근섬유가 II형 근섬유보다 더 크다고 보고하고 있어 본 실험성적과는 상이한 결과였으며, 일반적인 다른 사지 골격근도 I형 섬유가 제일 작고 II형 근섬유가 중등도, 그리고 II형 근섬유가 가장 크다고 한 보고<sup>3, 4, 29, 31, 37)</sup>와도 다른 소견이었다.

본 실험에서 사람 척추근에 대한 근섬유형을 단일 효소염색상이 아닌 복합된 효소활성상으로 구분하여 보면 통상의 I형, II형 및 II형 섬유는 척추근 근섬유 전체의 64.9-72.6%이며 회귀 근섬유형인 II형이 1.7-7.7%, 나머지 22.5-29.5%는 확인키 어려운 근섬유형이었고 또한 단일 효소염색상의 척추부위가 낮아질수록 I형 섬유가 감소되는 경향도 복합효소활성소견에서는 척추부위별로 별다른 차이점이 없었다.

한편 Bagnall 등<sup>7, 8)</sup>은 사람 요추의 척추근에서 좌우별, 그리고 천층 및 심층의 근섬유 구성비 사이에 상관성을 관찰할 수 없으며, 이를 원숭이에서의 성적과 비교한 바 심층은 양자간 별 차이가 없으나, 천층은 I형 섬유가 사람이 50-61%, 그리고 원숭이가 21-24%로서 사람에서 더 높은 구성분포를 보인다고 보고하였고, Zetterberg 등<sup>43)</sup>은 제8-9흉추부의 척추 측만증을 갖는 환자에서 I형 섬유가 오목부의 척추근은 61.3%, 볼록부의 척추근은 76.2%이며 나머지는 II형 및 II형이고, II형 섬유는 1% 정도에 불과하다고 하였으며, Ford 등<sup>25)</sup>은 척추 측만증 환자의 척추근은 부위에 따라 다소 차이가 있지만 I형 섬유 구성비는 55-64%의 범위라고 보고하였다.

Ford등<sup>26)</sup>은 원숭이의 척추근을 대상으로 부위에 따라 근섬유 구성비를 관찰한 성적에서 척추의 부위가 낮아질수록 I형 섬유의 구성비가 감소되며 좌우별로는 별다른 차이가 없다고 하였고, Spencer와 Zorab<sup>40)</sup>은 정상인과 척추 측만증 환자를 대상으로 척추부위에 따른 척추근의 근섬유 분포를 조사한 바 경추부위와 상부 흉추부에서 하부흉추부와 요추부에 비하여 I형 섬유가 더 높은 구성비를 보인다고 보고하였다.

한편 Eimerl과 DeVore<sup>18)</sup>은 원숭이에 있어서 전후방향으로 움직이는 기능은 뒷발보다 앞발에 의해 주로 이루어져 사람의 경우와는 판이하게 달라, 사람과 원숭이에서 척추근의 근섬유 구성비에 차이가 있는 점은 사지운동이나 체위유지 방법 등의 상이함으로도 유추할 수 있으나 이런 점만으로 그 명확한 기전을 설명하기에는 어렵다고 보고하였으며, Sivachelvan과 Davies<sup>38)</sup>는 사람에서 척추의 부위가 두부에 가까울수록 I형 근섬유 분포가 더 증가함은 체위유지와 척추 안정성에 있고 II형 근섬유보다 I형 근섬유가 더 중요한 역할을 하고 있음을 의미한다고 주장하였다. 또한 요추부 추간판 탈출증 환자를 대상으로 병변이 발생하지 않은 쪽의 정상 척추근을 관찰한 Mattila등<sup>8)</sup>, Filder등<sup>23)</sup> 및 Ford등<sup>24)</sup>의 성적은 I형 섬유가 각각 43-77%, 49-53% 및 60.8-62.5%로서 척추근 근섬유 전체에서 1/2이상의 주를 이루고 있지만 그 구성분포에는 서로 차이가 많음을 지적하고 있는데, 특히 척추 측만증과 요추 추간판 탈출증이 호발하는 연령군이 각각 10대와 40대로 서로 다르기 때문에 각종 척추병변을 갖고 있는 환자에서 척추근 근섬유비를 일률적으로 서로 비교한다는 것은 척추의 부위나 환자의 연령군 등의 기준치의 상이성 때문에 어려움이 많다<sup>26)</sup>. 이렇듯 효소 조직화학적 염색에 의한 근섬유형의 성상은 지배하는 신경원 뿐 아니라 개개인의 상대적인 근섬유의 대사 변화와 밀접한 관련이 있음을 유추할 수 있는데<sup>11)</sup>, 단일 효소염색에 의한 근섬유형 구분은 절대적 이라기 보다 상대적인 개념에 의한 분류임을 의미한다고 사료되었다.

## 결 론

사람 척추근에 대한 근섬유 특성 및 근섬유형별 분포와 빈도를 관찰코자, 압박골절, 추간판 수핵 탈출증 및 척추탈구증 등의 일시적인

척추장애로 척추수술을 받은 성인 9명의 척추근을 제3흉추부, 제9흉추부 및 제3요추부 등으로 나누어 조직학적 및 효소 조직화학적 염색을 시행하여 다음과 같은 성적을 얻었다.

1. H-E와 trichrome염색에 의한 근섬유형의 구분은 불명확하였으나 PAS염색에서는 양성반응의 정도에 따라 3가지 유형으로 구분되었다.

2. 척추근은 regular myosin ATPase, reversed myosin ATPase 및 SDH염색상 근섬유형 구성비가 상당한 차이가 있으며, 주된 근섬유는 I형으로서 제3흉추부에서 70% 이상이었으나 척추부위가 낮아질수록 그 구성비는 감소하는 경향이였다.

3. 척추근의 근섬유형 크기는 심층이 전층보다 더 컸고 부위별 크기는 서로 다양하였다.

4. 동일 근섬유에 대한 각종 효소 조직화학적 소견을 종합하여 근섬유형을 구분해 보면, 사람 척추근은 통상적인 근섬유 외에 II형이 1.7-7.7%, 그리고 다른 미분류형이 22.5-29.2% 정도 관찰되었는데, 개개의 조직화학적 염색 성적과는 달리 척추부위에 따른 근섬유형 구성비는 별다른 차이가 없었다.

## 참 고 문 헌

- 1) 김종택, 유주용: 백서 전경골근과 가자미근의 근섬유 유형별 분포에 대한 조직화학적 연구. 전남의대잡지, 18:191-203, 1981.
- 2) 박현수, 유주용: 백서 전경골근의 폐용성 위축에 관한 실험적 연구. 대한정형외과학회지, 19:1051-1060, 1984.
- 3) 배성우, 유주용: 성인 복직근의 근섬유 유형에 관한 연구. 대한의학협회지, 29:89-98, 1986.
- 4) 양진철, 유주용: 부검조직에서 관찰한 비복근, 가자미근, 장비골근 및 전경골근의 근섬유형에 관한 효소 조직화학적 연구. 대한병리학회지, 20:413-423, 1986.
- 5) 유주용, 김희순: 백서 전경골근의 탈신경성 위축에 관한 조직화학적 연구. 대한의학협회지, 23:888-898, 1980.
- 6) Ariano, M.A., Armstrong, R.B. and Edgerton, V.R.: Hind-limb muscle fiber populations of five mammals. J. Histochem. Cytochem., 21:51-55, 1973.
- 7) Bagnall, K.M., Ford, D.M., McFadden, K.D., Greenhill, B.J. and Raso, V.J.: A compar-



- ison of vertebral muscle fiber characteristics between human and monkey tissue. *Acta Anat.*, 117:51-57, 1983.
- 8) Bagnall, K.M., Ford, D.M., McFadden, K.D., Greenhill, B.J. and Raso, V.J.: *The histochemical composition of human vertebral muscle. Spine*, 9:470-473, 1984.
  - 9) Bocek, R.M. and Beatly, C.H.: *Glycogen synthetase and phosphorylase in red and white muscle of rat and rhesus monkey. J. Histochem. Cytochem.*, 14:549-559, 1966.
  - 10) Bocek, R.M., Peterson, R.D. and Beatly, C. H.: *Glycogen metabolism in red and white muscle. Am. J. Physiol.*, 210:1101, 1966.
  - 11) Brooke, M.H. and Kaiser, K.K.: *Muscle fiber types: How many and what kind? Arch. Neurol.(Chicago)*, 23:369-379, 1970.
  - 12) Clemente, C.D.: *Gray's Anatomy of the Human Body. 30th Ed. pp. 446-471, Philadelphia, Lea & Febiger, 1985.*
  - 13) Climie, A.R.W.: *Muscle biopsy. Technique and interpretation. Am. J. Clin. Pathol.*, 60:753, 1973.
  - 14) Donisch, E.W. and Basmagian, J.V.: *Electromyography of deep back muscles in man. Am. J. Anat.*, 133:25-36, 1972.
  - 15) Dubowitz, V. and Pearse, A.G.E.: *Reciprocal relationship of phosphorylase and oxidation enzymes in skeletal muscle. Nature*, 185:701-702, 1960.
  - 16) Edgerton, V.R., Simpson, D.R., Barnard, R. J. and Peter, J.B.: *Phosphorylase activity of acute exercised muscle. Nature(London)*, 225:866, 1970.
  - 17) Edwards, R., Young, A. and Wiles, M.: *Needle biopsy of skeletal muscle in the diagnosis of myopathy and the clinical study of muscle function and repair. N. Engl. J. Med.*, 302:261, 1980.
  - 18) Eimerl, S. and DeVore, I.: *The primates. Time-life, New York, 1974.*
  - 19) Eisler, T. and Wilson, J.H.: *Muscle fiber-type disproportion. Arch. Neurol.(Chicago)*, 35:823-826, 1978.
  - 20) Engel, W.K.: *Selective and non-selective susceptibility of muscle fiber types, a new approach to human neuromuscular diseases. Arch. Neurol.(Chicago)*, 22:97-117, 1970.
  - 21) Engel, W.K. and Cunningham, G.G.: *Rapid examination of muscle tissue. An improved trichrome method for fresh frozen biopsy sections. Neurology*, 13:919-923, 1963.
  - 22) Fidler, M.W. and Jowett, R.L.: *Muscle imbalance in the etiology of scoliosis. J. Bone and Joint Surg.*, 58-B:200-201, 1976.
  - 23) Fidler, M.W., Jowett, R.L. and Troup, J.D. G.: *Myosin ATPase activity in multipidus muscle from cases of lumbar spinal derangement. J. Bone and Joint Surg.*, 57-B:220-227, 1975.
  - 24) Ford, D.M., Bagnall, K.M., McFadden, K.D., Greenhill, B.J. and Raso, V.J.: *Analysis of vertebral muscle obtained during surgery for correction of a lumbar disc disorder. Acta Anat.*, 116:152-157, 1983.
  - 25) Ford, D.M., Bagnall, K.M., McFadden, K.D., Greenhill, B.J. and Raso, V.J.: *Paraspinal muscle imbalance in adolescent idiopathic scoliosis. Spine*, 9:373-376, 1984.
  - 26) Ford, D.M., Bagnall, K.M., McFadden, K.D. and Reid, D.C.: *A comparison of muscle fiber characteristics at different levels of the vertebral column in the rhesus monkey. Acta Anat.*, 126:163-166, 1986.
  - 27) Gollnick, P.D. and King, D.W.: *Effect of exercise and training on mitochondria of rat skeletal muscle. Am. J. Physiol.*, 216:1502, 1969.
  - 28) Hanson, J., Lennerstrand, G. and Nichols, K.: *The postnatal development of the inferior oblique muscle of the cat. III. Fiber sizes and histochemical properties. Acta Physiol. Scand.*, 108:61-71, 1980.
  - 29) Henriksson, J. and Reitman, J.S.: *Quantitative measure of enzyme activities in type I and type II muscle fibers of man after training. Acta Physiol. Scand.*, 97:392, 1976.
  - 30) Johnson, M.A., Polgar, D., Weightman, D. and Appleton, D.: *Data on the distribution of fiber types in thirty-six human muscles: An autopsy study. J. Neurol. Sci.*, 18:111-129, 1973.
  - 31) Karpati, G., Eisen, A.A. and Carpenter, S.: *Subtypes of the histochemical type I muscle fibers. J. Histochem. Cytochem.*, 23:89-91,

- 1975.
- 32) Khosla, S., Tredwell, S.J., Day, B., Shinn, S.L. and Ovalle, W.K., Jr.: *An ultrastructural study of multifidus muscle in progressive idiopathic scoliosis: Changes resulting from a sarcolemmal defect at the myotendinous junction.* *J. Neurol. Sci.*, 46:13-31, 1980.
  - 33) Lamb, D.R., Peter, J.B., Jebbress, R.N. and Wallace, H.: *Glycogen hexokinase and glycogen synthetase adaptations to exercise.* *Am. J. Pathol.*, 217:1628, 1969.
  - 34) Nachlas, M.M., Tsou, K.C., de Souza, E., Cheng, C.S. and Seligman, A.M.: *Cytochemical demonstration of succinic dehydrogenase by the use of a new p-Nitrophenyl substituted Ditetrazole.* *J. Histochem. Cytochem.*, 5:420-436, 1957.
  - 35) Padykula, H.A. and Herman, E.: *The specificity of the histochemical method of adenosine triphosphatase.* *J. Histochem. Cytochem.*, 3:170-195, 1955.
  - 36) Polgar, J., Johnson, M.A., Weightman, D. and Appleton, D.: *Data on fiber size in thirty-six human muscles: An autopsy study.* *J. Neurol. Sci.*, 19:307-318, 1973.
  - 37) Pullen, A.H.: *The distribution and relative size of three histochemical fiber types in the rat tibialis anterior muscle.* *J. Anat.*, 123:1-19, 1977.
  - 38) Sivachelvan, M.N. and Davies, A.S.: *Antenatal anticipation of postnatal muscle function.* *J. Anat.*, 132:545-555, 1981.
  - 39) Spencer, G.S.G. and Eccles, M.J.: *Spinal muscle in scoliosis. Part 2: The proportion and size of type 1 and type 2 skeletal muscle fibers measured using a computer controlled microscope.* *J. Neurol. Sci.*, 30:143-154, 1976.
  - 40) Spencer, G.S.G. and Zorab, P.A.: *Spinal muscle in scoliosis. Part 1: Histology and histochemistry.* *J. Neurol. Sci.*, 30:137-142, 1976.
  - 41) Stubbs, S.S. and Blanchaer, M.C.: *Glycogen phosphorylase and glycogen synthetase activity in red and white skeletal muscle of guinea pig.* *Canad. J. Biochem.*, 43:463, 1965.
  - 42) Swash, M. and Schwartz, M.S.: *Laboratory methods. Muscular dystrophy. In Biopsy Pathology of Muscle*, pp. 23, 95-116, Edited by M. Swash, and M.S. Schwartz, London, Chapman and Hall, 1984.
  - 43) Zetterberg, G., Aniansson, A. and Grimby, G.: *Morphology of the paravertebral muscles in adolescent idiopathic scoliosis.* *Spine*, 8:457-462, 1983.

## FIGURE LEGENDS

**Fig. 1.** Muscle fiber types in hematoxylin-eosin stained sections are poorly classified. H-E,  $\times 200$

**Fig. 2.** Differentiation of muscle fiber types is not evident in trichrome stained sections. Trichrome,  $\times 200$

**Fig. 3.** Three fiber types are classified into strong(S) moderate(M) and weak(W) fibers by PAS positive reaction in sections of human vertebral muscle. PAS,  $\times 200$

**Fig. 4.** Two types of muscle fibers are shown according to the staining activity of myosin ATPase. Type I fibers exhibit low or no ATPase activity, and type II fibers exhibit intense strong ATPase activity. Regular myosin ATPase,  $\times 200$

**Fig. 5.** Three muscle fiber type (type I, II A and II B) are well exhibited. Type I fibers possess strong intense activity of ATPase and type II A showed low ATPase activity, while type II B fibers exhibit moderate ATPase activity. Reversed myosin ATPase,  $\times 200$

**Fig. 6.** Three types of muscle fibers are well differentiated. Type II fibers show strong SDH activity, and type II A possess intermediate activity compared to low SDH activity of type II B fibers. SDH,  $\times 200$

**Fig. 7.** Number of type II A fibers which possess weak degree of staining activity are reduced in the right deep portion of the vertebral muscle with the third thoracic spinal level. Type II B fibers which show moderate enzyme activity slightly increase in number. Reversed myosin ATPase,  $\times 200$

**Fig. 8.** Number of the type I fibers which show weak enzyme activity increase in the left superficial portion of the vertebral muscle with the third thoracic spinal level. Type II fibers which possess strong activity markedly reduced in number. Regular myosin ATPase,  $\times 200$

**Fig. 9.** Relative size of each fiber type in the vertebral muscle with the ninth thoracic spinal level is as follows: Type II B is the smallest and type II A the largest.

**Fig. 10-a, b, c.** Reactive enzyme patterns of muscle fiber type are reciprocal or different in the same region of muscle at three different enzyme stains. Patterns of myosin enzyme activities by regular myosin ATPase stain(a), are partially or completely reversed by reversed myosin ATPase stain(b). Partially or nonreversed muscle fibers seem to be rare muscle fiber type(R). Type I fibers showing strong SDH activities(c) are the most frequent one. Regular myosin ATPase(a),  $\times 200$ , Reversed myosin ATPase(b),  $\times 200$ , SDH(c),  $\times 200$

## <논문사진부도>

19

<논문사진부도>