中間筋線維に及ぼす筋トレーニングの影響に関する組織学的研究

菊 地 邦 雄*

HISTOLOGICAL STUDY ON THE EFFECT OF MUSCULAR TRAINING UPON THE MEDIUM MUSCLE FIBERS IN SKELETAL MUSCLES

KUNIO KIKUCHI

Skeletal muscle fiber of certain mammals consists of three types, namely, red muscle fiber, white muscle fiber and medium muscle fiber.

The purpose of this study is to inquire histologically the effect of training upon medium muscle fibers by comparing with red and white muscle fibers.

First, the form, size and distribution of red muscle fibers, white muscle fibers and medium muscle fibers of *M. tibialis ant.* of rats and mice were studied, and then the effect of training on those muscles was investigated.

Wistar-strain rats and dd-strain mice were divided into training and control groups. One training group of Wistar-strain rats was made to run a treadmill with a speed of 40 m/min., a distance of 250 m and for a period of 90 days. Another training group of dd-strain mice was compelled to run on the treadmill with a speed of 20 m/min., a distance of 250 m and for a period of 60 days.

After the training period, the anterior tibial muscle was removed and the histological method, using Sudan black B, was adopted in this experiment.

The results obtained were as follows:

1) Form and size; Red muscle fibers are more or less roundish, and white muscle fibers are polygonal. In general red muscle fibers are thinner than white muscle fibers. Medium muscle fibers are intermediate between the two in all respects. Red muscle fibers, white muscle fibers and medium muscle fibers are all thick at the peripheral part of the muscle, and become thinner towards the central part.

2) Number; The ratio of number of medium muscle fibers involved in the anterior tibial muscles is less than that of red and white muscle fibers in rats and mice.

3) Distribution; The outer layer of the peripheral region of the muscle is composed mostly white muscle fibers, and red muscle fibers are more abundant in the central part of the muscle and near the tibia. Medium muscle fibers reveal a gradual increase in the central part.

4) In rats, increasing rate of the entire cross sectional area of medium muscle fibers was 19.1%, that of red muscle fibers was 18.0%, and that of white muscle fibers was 33.0%. In mice, each value of medium, red and white muscle fibers was 13.4%, 10.6% and 31.5%.

5) The effect of training on the average cross sectional area per fiber showed the same tendency as the effect of training on the entire area of cross section in medium, red and white muscle fibers.

(J. Physical Fitness Japan 1973, 22 : 17~25)

* 広島大学教養部 *Faculty of General Education, Hiroshima University*

結 言

骨格筋線維は、筋原線維の量と筋形質の量によって、従来一般には、赤筋線維、白筋線維に二大別されてきたが、最近、形、大きさ及び色調の点でそれらの中間の様相を呈する中間筋線維の存在が注目されるようになった。

Ogata⁷⁾⁸⁾ は酸化酵素の作用強度の面から、骨格筋線維を赤筋線維、白筋線維及び中間筋線維に分類し、また、Henneman & Olson²⁾ は、mitochondrial ATP ase の活動程度から、骨格筋線維を三つの型に分類している。

筋トレーニングが骨格筋線維に及ぼす影響について、細胞のレベルから検討した資料は多い。古くは、Morpurgo⁶⁾ や Petow & Siebert¹³⁾ によって研究され、最近では、Reitsma¹⁴⁾ によって追求されている。しかし、骨格筋線維の種類別に検討した資料は少なく、さらに中間筋線維に及ぼす筋トレーニングの影響を検討した文献はみられない。

著者等⁸⁾⁵⁾ は、ラットを用い、動的筋トレーニングと静的筋トレーニングを行った場合の骨格筋線維に及ぼす筋肥大の様相を赤筋線維、白筋線維に分けて追求し、すでに報告した。

本研究では、はじめに中間筋線維の形態的特徴と分布について検討し、つぎに等張性筋収縮を主とする動的筋トレーニングを行った際の中間筋線維に及ぼす影響について、赤筋線維、白筋線維と比較しながら組織学的に検討することを目的とする。

実 験 方 法

(1) 実験材料：ヒト、家兎、ラット及びマウスであるが、主として Wistar 系ラット及び dd 系マウスの *M. tibialis ant.* を使用した。

(2) トレーニング方法：生後約 30 日の Wistar 系ラット (14 例)、及びマウス (8 例) を使用し、同腹毎に体重を基にして、トレーニンググループとコントロールグループに分けた。トレーニングには、動物用トレッドミル (写真 1) を用い、ラットの場合、走行速度 40m/min、走行距離 250m のトレーニング負荷量を毎日、90 日間行わせた。マウスの場合、走行速度 20m/min、

Photo. 1 Apparatus for training

走行距離 250m の負荷量を毎日、60 日間とした。

(3) 顕微鏡標本作成：その手順は次のとおりである。

i) 固定；被検筋を 10%ホルマリンに約 3 週間固定する。

ii) 包埋；ゼラチン溶液 (石炭酸 30cc にゼラチン粉末 10g の割合) に入れて、恒温槽に約 24 時間包埋する。

iii) 薄切；電子冷凍式凍結ミクロトーム (EFM-A 型) を用いて、15~30 μ に薄切する。

iv) 染色；脂肪染色の Sudan black B を使用した Lison 氏法¹²⁾ による。

筋線維の横断面積の測定は、*M. tibialis ant.* の筋腹における横断面積全体の顕微鏡写真を取り、筋線維 1 ケ毎に顕微鏡写真を切り抜き、筋線維の種類毎に秤量して面積に換算する方法をとった。

実 験 結 果

1. 中間筋線維の形態的特徴

(1) 顕微鏡学的所見

写真 2 は、ヒトの *M. soleus*、家兎の *M. gastrocnemius*、ラットの *M. tibialis ant.* 及びマウスの *M. gastrocnemius* の横断面の顕微鏡写真を示し、写真 3 は、ヒトの *M. soleus* 及びラットの *M. tibialis ant.* の縦断面の組織像を示したものである。

Sudan black B 染色による骨格筋線維の色調は、赤筋線維では暗青色に染まり、白筋線維では白色を呈し、中間筋線維では薄青色を呈した。骨格筋線維の形は、赤筋線維では丸味を帯び、白筋線維では角ばりを示し、中間筋線維はそれらの中間の様相を示した。

Photo. 2 Cross sections of skeletal muscle fibers in various animals. $\times 400$, Sudan black B stain
R : red fibers M : medium fibers
W : white fibers

Photo. 3 Longitudinal sections of skeletal muscle fibers. $\times 400$, Sudan black B stain
R : red fibers M : medium fibers
W : white fibers

Fig. 1 Comparison of average area of cross section per fiber in each region of M. tibialis ant.

(2) 筋線維の太さ

第1表及び第1図は、ラット及びマウスの M. tibialis ant. を表層部と深層部に分け、さらに全体についての筋線維1本当たりの平均横断面積とその直径を、赤筋線維、白筋線維及び中間筋線維について比較したものである。ラット、マウスとも、表層部の赤筋線維、白筋線維及び中間筋線維の横断面積は、深層部のそれらより大きい値を示した。M. tibialis ant. 全体の筋線維1本当たりの平均横断面積について、赤筋線維を基にして、中間筋線維、白筋線維の大きさの比率を求めると、中間筋線維では、ラット 1.33、マウス 1.40 を示し、白筋線維では、それぞれ 2.27、1.75 であり、各筋線維の大きさは、ラット、マウスとも、白筋線維、中間筋線維、赤筋線維の順に大きい値を示した。

2. 中間筋線維の分布

写真4は、ラット下肢の横断面と被検筋 M.

Table 1. Average area and diameter of cross section per fiber in each region of tibialis ant. muscles

		n	peripheral region			innermost region			whole		
			red fibers	medium fibers	white fibers	red fibers	medium fibers	white fibers	red fibers	medium fibers	white fibers
rats	average area of cross section per fiber (μ^2)	11	1280.6	1724.2	2803.5	962.6	1194.4	1716.1	1074.7	1428.4	2434.5
	average diameter of fiber (μ)	11	40.4	46.8	59.8	35.0	39.0	46.7	37.0	42.6	55.6
mice	average area of cross section per fiber (μ^2)	7	1072.1	1511.9	1861.9	750.5	1040.1	1344.0	918.4	1276.0	1602.8
	average diameter of fiber (μ)	7	37.0	43.8	48.6	31.0	36.4	41.4	34.2	40.2	43.2

Photo. 4 Cross sections of rat's lower limb and tibialis ant. muscle

Fig. 2 Sectional chart of M. tibialis ant.

Fig. 3 Distribution of skeletal muscle fibers involved in rats' tibialis ant. muscles

tibialis ant. の筋腹における全横断面を示したものであるが、筋の表層部には白筋線維が多く、深層部には赤筋線維が多いことがうかがわれる。そこで、第2図に示したように、ラットの M. tibialis ant. について、深層部の最も赤筋線維の多い部位を0として、表層部と深層部の各部位(1, 2, 3, 4及び1', 2', 3', 4')の各筋線維の分布状態を百分率で求めた結果は、第2表及び第3図に示すとおりである。赤筋線維は表層部に少なく、深層部に多く、一方白筋線維は表層部に多く、深層部に少ない傾向がみられた。また、中間筋線維は表層部と深層部とは赤筋線維や白筋線維ほどに差はなく、14.5%~22.4%の範囲で分布した。

第3表及び第4図は、ラット及びマウスの M. tibialis ant. の赤筋線維、白筋線維及び中間筋線維の占める筋線維数を表層部、深層部及び全体について検討したものである。表層部では、ラット、マウスとも白筋線維数が最も多く、つぎに赤筋線維数、中間筋線維数の順に多い。深層部では、ラット、マウスとも、赤筋線維数の占める割合が最も多く、つぎに白筋線維数、中間筋線維数の順であった。このように中間筋線維数は、表層部及び深層部において最も少ない傾向がみとめられた。

Table 2. Distribution of average number of red, medium and white fibers in each region of rats' tibialis ant. muscles

	parts of region n	peripheral region (%)				middle region (%) 0	innermost region (%)			
		4	3	2	1		1'	2'	3'	4'
red fibers	11	11.8	23.9	36.5	44.5	54.8	52.1	52.4	51.1	42.1
medium fibers	11	14.5	17.0	19.2	20.6	21.4	21.6	22.4	21.8	20.9
white fibers	11	73.7	59.1	44.3	34.1	23.8	26.3	25.2	27.1	37.0

Table 3. Average number and percentage of fibers in each region of tibialis ant. muscles

		n	peripheral region			innermost region			whole		
			red fibers	medium fibers	white fibers	red fibers	medium fibers	white fibers	red fibers	medium fibers	white fibers
rats	average number of fibers	11	1614	1265	4102	3084	1764	2117	4698	3029	6219
	percentage of fibers (%)	11	22.9	18.1	59.0	44.2	25.3	31.5	33.7	21.7	44.6
mice	average number of fibers	7	660	356	745	988	247	372	1649	603	1117
	percentage of fibers (%)	7	37.5	20.2	42.3	61.5	15.4	23.1	49.0	17.7	32.3

Fig. 4 Distribution of number of skeletal muscle fibers in each region of M. tibialis ant.

3. 筋トレーニングの中間筋線維に及ぼす影響

ラット及びマウスの M. tibialis ant. の全横断面積に及ぼすトレーニングの影響を、赤筋線維、白筋線維及び中間筋線維について検討した結果は、第4表及び第5図に示すとおりである。M. tibialis ant. を表層部と深層部に分け、さらに全体について肥大率を求めたところ、表層部では、ラット、マウスとも白筋線維の肥大する割合が特に著るしく、つぎに中間筋線維、赤筋線維の順に大きい値を示した。中間筋線維の肥大率は、むしろ赤筋線維のそれに近い値を示した。深層部の肥大率は、マウスの場合、表層部とほぼ同じ傾向を示したが、ラットの場合は、白筋線維、中間筋線維及び赤筋線維の肥大率の間には明らかな差異は認められなかった。M. tibialis ant. 全体についての肥大率は、ラットでは白筋線維 33.0%、中間筋線維 19.1%、赤筋線維 18.0%を示し、また、マウスでは、それぞれ 31.5%、13.4%、10.6%を示

Table 4. Effect of training on the entire area of cross section in peripheral, innermost and whole regions of rats' tibialis and muscles

		group	n	peripheral			innermost			whole		
				red fibers	medium fibers	white fibers	red fibers	medium fibers	white fibers	red fibers	medium fibers	white fibers
rats	entire area of cross section (mm ²)	training	7	2.34	2.23	15.31	3.29	1.87	4.14	5.63	4.11	19.45
		control	7	1.99	1.86	11.30	2.71	1.53	3.38	4.77	3.45	14.62
	rate of hypertrophy (%)			16.2	19.9	35.5	21.3	22.2	22.5	18.0	19.1	33.0
mice	entire area of cross section (mm ²)	training	4	0.82	0.67	1.62	0.85	0.26	0.55	1.67	0.93	2.17
		control	4	0.73	0.60	1.25	0.78	0.22	0.41	1.51	0.82	1.65
	rate of hypertrophy (%)			11.0	11.7	29.6	9.0	18.2	34.1	10.6	13.4	31.5

Fig 5 Comparison of rate of hypertrophy in entire area of M. tibialis ant. by muscular training

Table 5. Effect of training on the average area of cross section per fiber in peripheral, innermost and whole regions of rats' and mice' tibialis ant, muscles

		region		peripheral			innermost			whole		
				red fibers	medium fibers	white fibers	red fibers	medium fibers	white fibers	red fibers	medium fibers	white fibers
rats	average area of cross section per fiber (μ^2)	training	7	1371.6	1843.7	3148.4	1014.3	1241.2	1723.3	1172.2	1541.8	2745.5
		control	7	1117.8	1448.3	2232.5	864.3	1021.0	1423.1	957.2	1227.7	2071.0
	rate of hypertrophy (%)			22.7	27.3	41.0	19.8	19.3	21.1	22.5	25.6	32.5
mice	average area of cross section per fiber (μ^2)	training	4	1149.6	1633.9	2087.0	815.8	1136.4	1477.6	987.7	1385.2	1782.3
		control	4	1018.9	1440.2	1679.0	706.4	918.9	1203.3	862.4	1179.6	1441.4
	rate of hypertrophy (%)			12.8	13.5	24.3	15.5	23.7	22.8	14.6	17.6	23.6

Fig. 6 Rate of hypertrophy of tibialis ant. muscle fibers caused by training

し、ラット、マウスとも白筋線維の肥大率は特に著るしく、中間筋線維の肥大率は赤筋線維のそれに近い値を示した。

これらの関係を、筋線維1本当りの平均横断面積について検討した結果は第5表及び第6図に示すとおりである。M. tibialis ant. の表層部、深層部及び全体についての肥大率は、ラット及びマウスとも、全横断面積で検討した場合と同じ傾向を示した。

写真5は、ラット骨格筋の M. tibialis ant. に及ぼす筋トレーニングの影響についての組織像の1例を示したものである。赤筋線維、白筋線維及び中間筋線維について明らかなトレーニング効果がうかがわれた。

Photo. 5 Effect of dynamic training upon skeletal muscle fibers. $\times 600$, Sudan black B stain
R : red fibers M : medium fibers
W : white fibers

論 議

哺乳類の骨格筋線維は、従来赤筋線維と白筋線維に二大別され、それらの構造及び機能について詳細に研究されてきた。最近、赤筋線維の中に含めて考えられていた中間筋線維の存在が目されるようになり、その形態及び機能について、組織学的、生理学的に追求されるようになった。

Ogata^{7,8,9)}は、Succinic dehydrogenase, Cytochrome oxidase 及び Diphosphoridine nucleotide (DPN) diaphorase 等の酸化酵素の作用強度から、哺乳類の骨格筋線維を赤筋線維、白筋線維及び中間筋線維に分類し、中間筋線維の作用強度は、赤筋線維と白筋線維の中間的様相を呈したと述べている。

さらに、Ogata & Mori^{10,11)}は、同じく酸化酵素の作用強度の面から脊椎動物と無脊椎動物の骨格筋線維について検討し、脊椎動物の骨格筋線維は三つの型に分類されるが、無脊椎動物では種々様々で、例えば甲殻類の骨格筋線維は三つの型に、軟体動物では二つの型、そして環形動物では単一の筋線維から構成されていると報告している。

本研究では、脂肪染色の Sudan black B を用いて、ヒト、家兎、ラット及びマウスの骨格筋線維の分類を試みたが、暗青色の色調を呈する赤筋線維、殆んど染まらない白筋線維、薄青色を呈する中間筋線維の三種類がみとめられた。また、染色剤を変えて脂肪染色の Sudan III 及び対照染色の Hematoxylin を用いて染色を試みたが、Sudan

black B を使用した場合が一番鮮明に識別することができた。

骨格筋線維の形、大きさについて、近藤⁴⁾は猿、犬、猫等を用いて検討しているが、近藤の報告も参考にして考察すると、哺乳類では、一般に赤筋線維は丸味を帯び、白筋線維は角ばりを示し、中間筋線維は中間的様相を呈しているがどちらかという角ばりを示している。また、各筋線維の大きさは、中間筋線維では、赤筋線維と白筋線維の中間的な値を示した。

骨格筋線維の分布については、Tsukamoto & Mori¹⁷⁾は家兎、ラット及び猫の下肢筋と咬筋を用いて検討しているが、この資料は筋の部分的な検索であり、筋全体について検討した資料はみられないのである。本研究では、ラット及びマウスの M. tibialis ant. の筋腹における赤筋線維、白筋線維及び中部筋線維の占める割合を、筋の表層部、深層部及び全体の平均値を求めて検討し、さらに全筋線維数の面から追求したものであるが、表層部には、白筋線維が多く、深層部には赤筋線維が多い。中間筋線維は表層部と深層部で分布の差は著明でなく、ほぼ一定の傾向を示した。

この傾向は、M. tibialis ant. の機能的特性、すなわち表層筋及び伸筋としての特性なのか、また発生学的理由によるものなのか明らかでないが、一般に phasic movement を司る白筋線維は筋の表層部に分布し、postural adjustment を司る赤筋線維は深層部に多く分布するものと考えられる。中間筋線維が、どうして表層部と深層部で分布の仕方が一定であるかについては、今後の課題として筋の機能的特性と神経支配の面から検討する予定である。

筋トレーニングが骨格筋線維の形態に及ぼす影響について検討した資料は多い。Morpurgo⁶⁾は、犬を用いて、2ヶ月間の激しいトレッドミル走を行わせた後で、M. sartorius の筋肥大の様相を検索し、筋線維1本当たりの肥大率は、53.2~55.0%であったと述べ、また、最近では、Reitsma¹⁴⁾がラットを用いて、トレッドミル走を行わせた後で、下肢筋の M. rectus femoris, M. plantaris 及び M. soleus の筋肥大を検討し、どの筋にも肥大がみられたことを報告している。

骨格筋線維を赤筋線維と白筋線維に分けてトレ

ーニングの影響を検討した資料として, Short 等¹⁵⁾は, 乳酸濃度, glycogen 濃度及び creatine 濃度に及ぼす筋トレーニングの影響を検討し, 乳酸濃度の低下は白筋線維において著しく, glycogen 濃度は赤筋線維の方が白筋線維より高くなり, 一方 creatine 濃度は白筋線維の方が赤筋線維より高くなると述べている。

筋肥大という観点から, 著者等⁸⁾⁵⁾は, 筋トレーニングの方法を変えた場合の赤筋線維, 白筋線維の肥大の現象を追求し, 等張性筋収縮を主とする動的筋トレーニングでは, 白筋線維の肥大率は赤筋線維のそれより大きく, 等尺性筋収縮を主とする静的筋トレーニングでは, 赤筋線維の肥大率が白筋線維のそれより大であったことを報告したが, 本研究の動的筋トレーニングでも, 赤筋線維, 白筋線維の肥大は同じ傾向を示した。中間筋線維の肥大率は, 赤筋線維のそれに近い値を示したが, このような肥大率の差は, Edström & Kugelberg¹⁾が提唱する筋線維の種類による神経支配の違い, すなわち赤筋線維, 白筋線維及び中間筋線維の神経筋単位が異なるために, トレーニングという負荷に対する適応程度にも差が生じたためと思われる。

また, 白筋線維の肥大率が赤筋線維のそれより大きかった理由の一つとして次のことがあげられよう。Sréter¹⁶⁾は哺乳類の細胞内外の水分量, sodium, potassium のイオン濃度を検討し, 長時間の電気刺激を加えた直後の dehydration とイオン変化は, 白筋線維の方が赤筋線維に比べて著明であることを報告している。中間筋線維の細胞内外の水分量及びイオン変化について, まだ明らかでないので, どうして中間筋線維の肥大率が赤筋線維のそれに近い値を示したかについては考察できないが, 今後の課題として検討する予定である。

総 括

主として, Wistar 系ラット, dd 系マウスの *M. tibialis ant.* を材料とし, 脂肪染色の Sudan black B を用いて, 中間筋線維の形態的特徴とその分布及び筋トレーニングの影響を, 赤筋線維, 白筋線維と比較しながら検討し, 次のような成績を得た。

(1) 筋線維の形及び大きさ: 赤筋線維は丸味を帯び, 白筋線維は角ばり, 中間筋線維はそれらの中間の様相を示している。大きさは, 白筋線維, 中間筋線維, 赤筋線維の順に大きい。

(2) 筋線維数: 中間筋線維の数は, 赤筋線維, 白筋線維に比べて一番少ない傾向がある。

(3) 筋線維の分布: 筋の表層部には白筋線維が多く, 深層部には赤筋線維が多い。中間筋線維は, 表層部と深層部で著明な差はなく, はば一定に分布する。

(4) *M. tibialis ant.* の全横断面積の肥大率は, ラットの場合, 赤筋線維 18.0%, 中間筋線維 19.1%, 白筋線維 33.0%を示し, マウスにおいては, それぞれ, 10.6%, 13.4%, 31.5%であり, 中間筋線維の肥大率は, ラット, マウスとも赤筋線維のそれに近い値を示した。

(5) *M. tibialis ant.* の筋線維 1 本当りの平均横断面積についての肥大率は, ラットの場合, 赤筋線維 22.5%, 中間筋線維 25.6%, 白筋線維 32.5%を示し, マウスの場合, それぞれ, 14.6%, 17.6%, 23.6%を示し, 各筋線維の肥大率の傾向は, 全横断面積の場合と同じであった。

(本論文要旨は, 第 21 回及び第 25 回日本体力医学総会で発表した。)

(受付 昭和 48 年 2 月 28 日)

参 考 文 献

- 1) Edström, L., and Kugelberg, E., (1968): Properties of motor units in the rat anterior tibial muscle, *Acta Physiol. Scand.*, **73**, 543-544
- 2) Henneman, E., and Olson, C.B., (1965): Relations between structure and function in the design of skeletal muscles, *J. Neurophysiol.*, **28**, 581-598
- 3) 菊地邦雄(1971): 筋トレーニングの組織学的研究—静的筋トレーニングと動的筋トレーニングの骨格筋線維に及ぼす影響の比較—, *体育学研究*, **16**(2), 67-74
- 4) 近藤正美(1959): 骨格筋の機能分化と構造との相関性に関する組織学的研究. 第 1 編 骨格筋線維の機能分化と構造との相関性に関する研究, *岡山医学誌*, **71**, 3569-3580
- 5) Man-i, M., Ito, K. and Kikuchi, K. (1967): *Histological studies of muscular training*,

- Report I. Effect of training upon skeletal muscle fibers, *Research J. Physical Education*, **11**(3), 153-165
- 6) Morpurgo, B., (1897) : Über Activitäts-Hypertrophie der willkürlichen Muskeln, *Virchows Archiv*, **150**, 522-554
 - 7) Ogata, T., (1958) : A histological study of the red and white muscle fibers, Part I. Activity of the succinoxidase system in muscle fibers, *Acta Med. Okayama*, **12**, 216-227
 - 8) Ogata, T., (1958) : A histological study of the red and white muscle fibers, Part II. Activity of the cytochrome oxidase in muscle fibers, *Acta Med. Okayama*, **12**, 228-232
 - 9) Ogata, T., (1958) : A histological study of the red and white muscle fibers, Part III. Activity of the diphosphorydine nucleotide diaphorase and triphosphopyridine nucleotide diaphorase in muscle fibers, *Acta Med. Okayama*, **12**, 233-240
 - 10) Ogata, T. and Mori, M., (1964) : Histochemical study of oxidative enzymes in vertebrate muscles, *J. Histochem. Cytochem.*, **12**(3), 171-182
 - 11) Ogata, T. and Mori, M., (1964) : Histochemical study of oxidative enzymes in invertebrate muscles, *J. Histochem. Cytochem.* **12**(3), 183-187
 - 12) 岡本耕造, 上田政雄, 前田隆英 (1955) : 顕微鏡的組織化学, 医学書院, 276-277
 - 13) Petow, H., and Siebert, W., (1925) : Studien über Arbeitshypertrophy des Muskels, *Z. Klin. Med.*, **102**, 427-433
 - 14) Reitsma, W., (1969) : Skeletal muscle hypertrophy after heavy exercise in rats surgically reduced muscle function, *Amer. J. Physic. Med.*, **48**(5), 237-258
 - 15) Short, F.A., Goodner, C.J., Kawabori, I., and Cobb, L.A., (1969) : Influence of exercise training on red and white rat skeletal muscle, *Am. J. Physiol.*, **212**(2), 237-258
 - 16) Sréter, F.A., (1963) : Cell water, sodium, and potassium in stimulated red and white mammalian muscles, *Am. J. Physiol.*, **205**(6) 1295-1298
 - 17) Tsukamoto, S. and Mori, M., (1961) : Succinic Dehydrogenase activity of skeletal muscle and its electrophysiological function, *Proceedings of the second annual general meeting of Japanese histochemical association*, **22**, 30-35