

発育期におけるパワースプリント・トレーニングの適時性に関する研究

勝田 茂* 大森 肇** 宮田 浩文*

STUDY ON OPTIMAL STARTING PERIOD OF POWER SPRINT TRAINING DURING GROWTH IN RATS

SHIGERU KATSUTA, HAJIME OHMORI and HIROFUMI MIYATA

Abstract

The purpose of this study was to investigate the optimal starting period of muscle power training during growth. Thirty-three Wistar strain male rats were used and classified into four groups, control group, 3T group started a training at 3 weeks after birth (weaning period), 8T group started a training at 8 weeks after birth (puberty period) and 13T group started a training at 13 weeks after birth (beginning of mature period). Each training group was subjected to a power sprint training till 23 weeks after birth (mature period).

The results were summarized as follows ;

1) Hypertrophy and increase of contractile properties in muscle were not seen in each training group.

2) Muscle glycogen contents increased significantly in 3T group ($p < 0.05$) and in 8T, 13T group ($p < 0.01$).

3) Muscle fiber area increased significantly in 8T group only.

4) Phosphofructokinase activity in muscle increased significantly in 8T group only.

These results suggest that 8 weeks after birth, the puberty period may be the most effective starting period of power sprint training during growth in rats.

(J. Physical Fitness Japan 1985, 34, Supplement : 39~48)

key words : optimal starting period, power sprint training, rat

I. 緒 言

身体諸器官は、成長にともない合目的にその量的、質的側面を向上させる。そして、このような発育、発達の可能性を最大限に高める要因の1つとして身体トレーニングを挙げることができる。しかしながら、成長の過程において、このような外的刺激に対して、生体がいつでも適応変化を示すという訳ではなく、そこには最も敏感に反応する時期、つまり臨界期と呼ばれる時期が存在する。

筋に対するトレーニングの臨界期に関して、ヒ

トや動物を用いたいくつかの報告⁸⁾¹¹⁾がなされているが、その結果は必ずしも一致したものではない。また、成長期におけるトレーニングの適時性を論じる場合、臨界期の重要性もさることながら、最終的に成熟した時点において最高のパフォーマンスを得るための至適時期、ということも考慮する必要があるものと思われる。

そこで本研究では、成長期のラットを用いて、生後の異なる時期から同一の負荷条件で、下肢の筋パワートレーニングを開始し、その評価は何れも成熟期の同一時期に行うことによって、その効果の差異からトレーニングの至適開始時期を明ら

* 筑波大学体育科学系
305 茨城県新治郡桜村天王台1-1-1

University of Tsukuba, Institute of Health and Sports Sciences,
Sakura-mura, Niihari-gun, Ibaraki (305)

** 筑波大学医学研究科
305 茨城県新治郡桜村天王台1-1-1

University of Tsukuba, Doctoral Program in Medical Science,
Sakura-mura, Niihari-gun, Ibaraki (305)

かにすることを目的とした。

II. 研究方法

A. 実験動物およびトレーニング方法

実験には, 3週齢の Wistar 系雄ラット33匹を用い, 水と飼料 (オリエンタル酵母工業製, 実験動物用標準固型飼料 MF) は自由に摂取させた。また, 飼育室は温度 22 ± 2 °C, 湿度 60 ± 5 %に常時維持し, 照明は午前8時と午後8時を境とする明暗サイクルとした。グルーピングの内容およびトレーニングスケジュールについては, 図1と表1に示す通りである。

ラットを体重に基づき4群の等質集団に分け, 運動をさせないコントロール群, 離乳期 (3週齢) にトレーニングを開始させる3T群, 性成熟期 (8週齢) にトレーニングを開始させる8T群, 成熟期初期 (13週齢) にトレーニングを開始させる13T群とした。トレーニング形式にはパワースプリント走を用いた。負荷は5~7週間の漸増方式の後, 17度の昇り勾配を分速72.5mで20秒間走行させ, これを10セット反復させるという一定強度とした。また, 各セット間には3分間の休息をはさんだ。これらを1日1回週5日の頻度で行い, 何れのトレーニング群に対しても23週齢 (成熟期) まで継続させた。トレーニングには夏目製作所製小動物用トレッドミル (KN-73) を用いた。

B. 分析項目

体重は週1回定期的に測定したが, その他の測定については, 最終トレーニング終了後, 最低3日間を経てから行った。

1. 等尺性収縮特性の分析

ラットにペントバルビタールナトリウムの腹腔内注射による麻酔を施し, 左腓腹筋を露出した上で, 台上に仰臥位固定した。坐骨神経刺激によって腓腹筋が収縮して発生した張力を, アキレス腱からの結紮糸を介して, スtrenゲージが抵抗変化として感受し, アイソメトリックアンプで電圧変換して, データレコーダーに入力した。パラメーターとして, 単収縮曲線における収縮時間, 1/2弛緩時間, 最大張力, また強縮曲線における最大張力, さらに単収縮/強縮率を用いた。

2. 形態的分析

右後肢の腓腹筋を摘出し, 重量を測定した。また, 外側頭を筋腹で横断して, 一方をスライドグラスに乗せプロジェクターを用いて, その陰影をトレースした。その後, デジタイザーにより面積を算出した。

3. 組織化学的分析

右腓腹筋外側頭の筋腹付近を数mmの厚さに横断し, 液体窒素で冷却したイソペンタン中で急速凍結した。その後, 厚さ10 μ mの連続凍結切片を作成し, Myosin ATPase (Pre-incubation pH 10.3)¹⁶⁾, DPNH-diaphorase¹⁵⁾の各染色を行った。

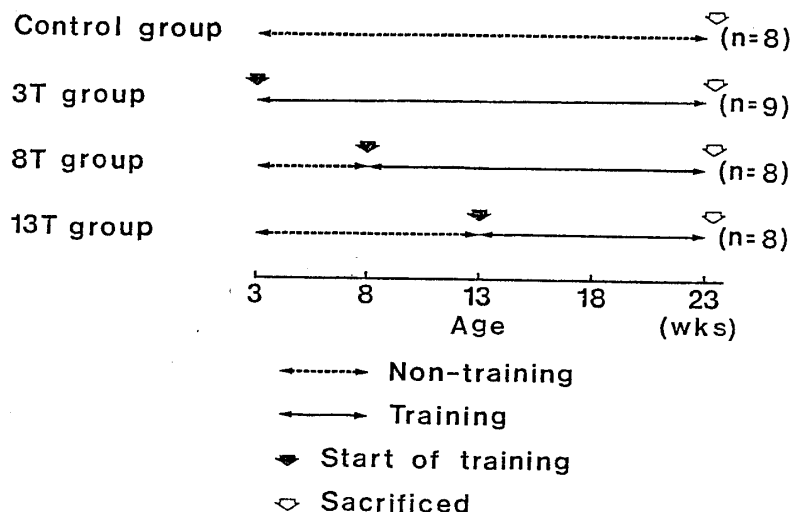


Fig. 1. Schedule of power-sprint training.

Table 1. Programs of progressive power-sprint training.

3 T group				
Age (wks)	Sessions/week	Speed (m/min)	Incline (degree)	Sets/day ^{a)}
3	3	5-10	0	9-10
4	4	12-24	0- 2	10
5	4	24-29	2	10
6	5	32-47	3- 7	10
7	5	51-70	8-12	10
8	5	72.5	14-17	10
9-23	5	72.5	17	10
8 T group				
Age (wks)	Sessions/week	Speed (m/min)	Incline (degree)	Sets/day ^{a)}
8	4	10-44	0	10
9	5	48-57	0- 3	10
10	5	60-72.5	4- 9	10
11	5	72.5	10-15	10
12-23	5	72.5	17	10
13 T group				
Age (wks)	Sessions/week	Speed (m/min)	Incline (degree)	Sets/day ^{a)}
13	4	12-17	0	5
14	5	17-47	0	6-10
15	5	47-58	0- 2	10
16	5	58-64	3- 8	10
17	5	68-72.5	9-11	10
18	5	72.5	13-17	10
19-23	5	72.5	17	10

a) Each set consists of 20-second run and following 180-second rest.

これらは、深層部、表層部別に、SO, FOG, FGの各線維タイプに分類し¹⁷⁾、それらの構成比を算出した。また、筋線維タイプ別の平均筋線維横断面積についても測定を行った。

4. 生化学的分析

右腓腹筋内側頭を、赤色部と白色部に分け、各々を電顕用ポリカプセルに入れて、液体窒素中に保存した。その後、その保存試料をもとに、グリコーゲンの定量¹⁸⁾および、PFK 活性¹⁸⁾の測定を行った。

III. 研究結果

A. 体重の変化

図2は実験期間中の体重の変化を示したものである。各トレーニング群とも、トレーニング開始後3～4週間で、コントロール群と比べて有意な低値を示し始め、その傾向はトレーニング期間終了まで継続した。また、各トレーニング群の体重は、最終的にはほぼ一定の値に収束する傾向が見られた。

B. 筋横断面積および筋重量

図3は、解剖時の体重、腓腹筋外側頭横断面積、

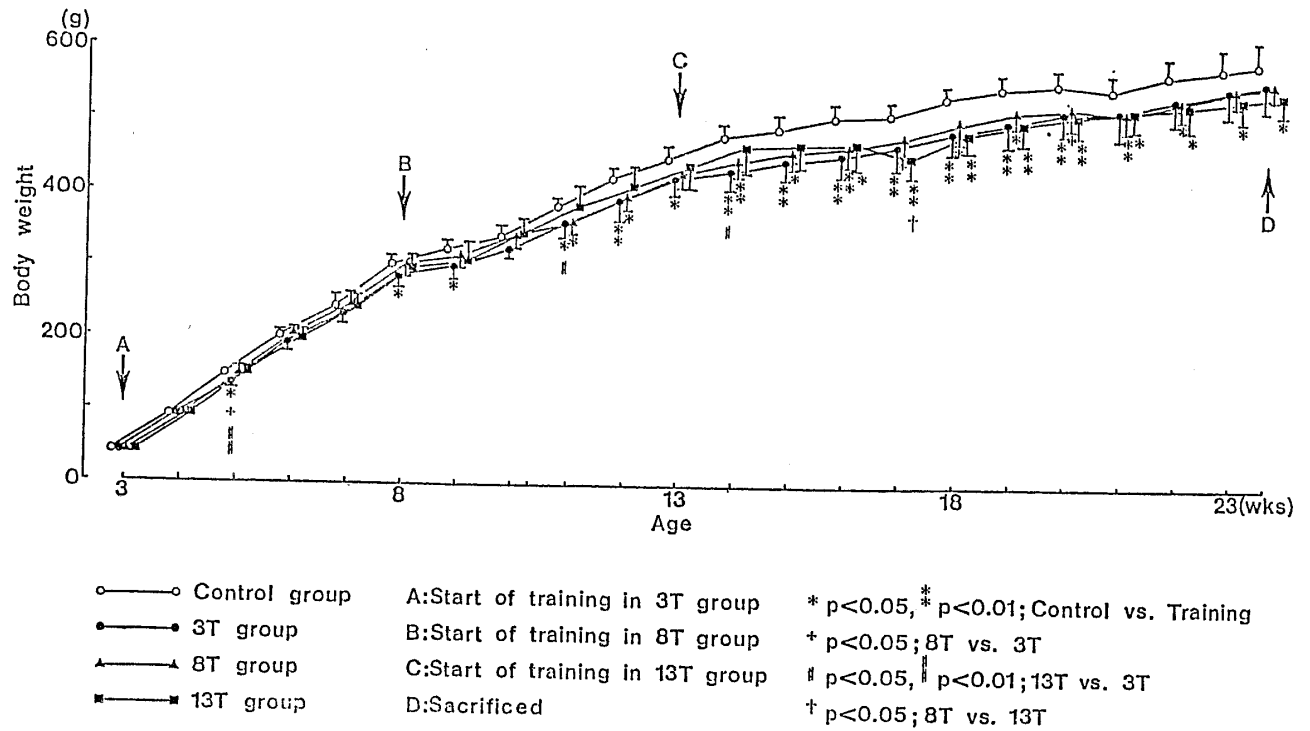


Fig. 2. Changes of body weight.

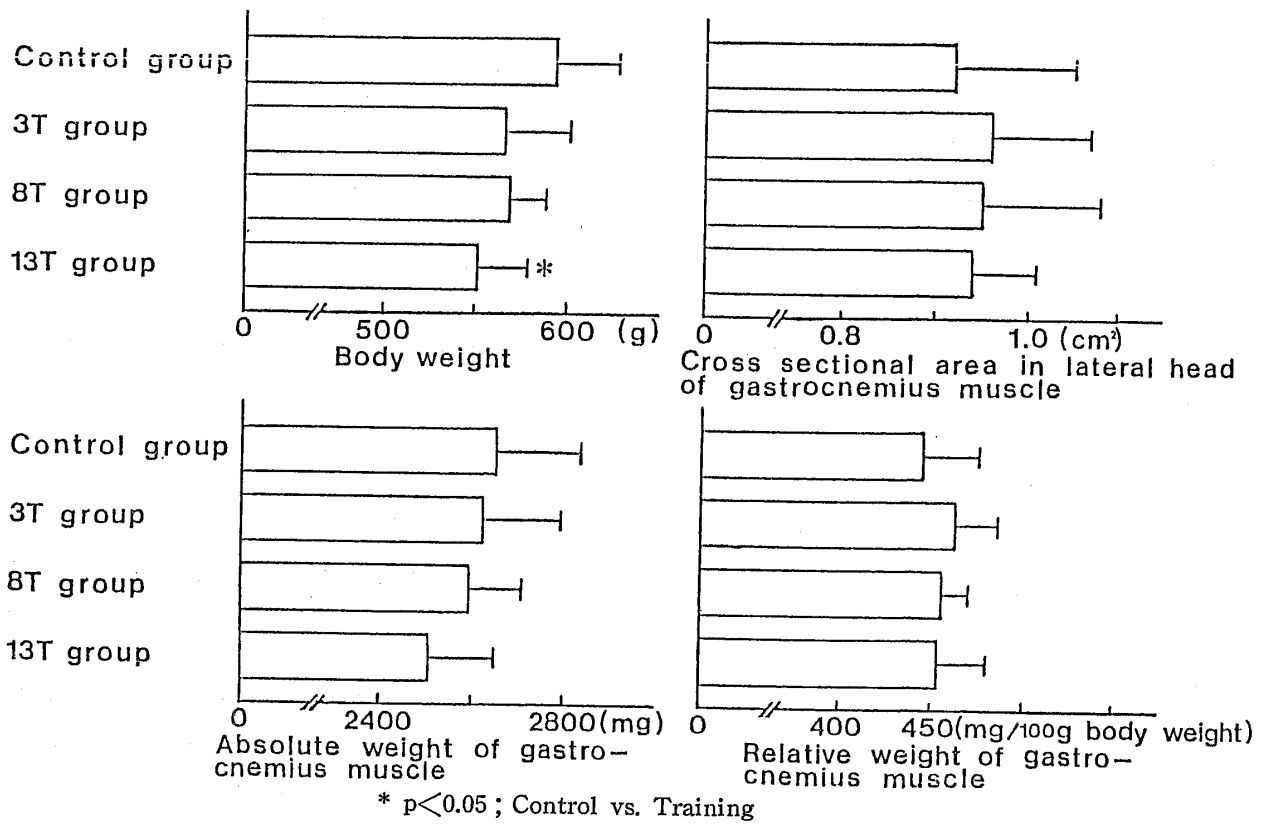


Fig. 3. Cross sectional area and weight of gastrocnemius muscle.

腓腹筋の絶対重量および体重あたりの相対重量を示したものである。

まず筋横断面積については、各群間に差が認められなかった。各群における筋の絶対重量については、各々の体重と若干対応する傾向が見られたが、体重あたりの相対重量では、各群間に差が認められなかった。

C. 筋収縮特性

表2は、単収縮曲線における収縮時間、1/2弛緩時間、張力（絶対値、体重あたりの相対値、筋重量あたりの相対値）、また強縮張力（絶対値、体重あたりの相対値、筋重量あたりの相対値）および単収縮/強縮率の各パラメーターについて、その値を示したものである。

Table 2. Parameters of analyzing contractile properties.

	B. W. ^{a)} (g)	W.G.M. ^{b)} (g)	C. T. ^{c)} (msec)	1/2 R. T. ^{d)} (msec)	Twitch tension			Tetanic tension			T/T ^{e)}
					(g)	(g/100g B.W.)	(g/g W.G.M.)	(g)	(g/100g B.W.)	(g/g W.G.M.)	
Control group	594.1 ^{f)}	2.650	48.3	47.5	265.8	44.9	100.8	510.7	86.5	194.0	0.530
	± 31.2	± 0.188	± 8.8	± 10.1	± 86.2	± 14.7	± 33.9	± 160.0	± 28.3	± 62.1	± 0.137
	(n=8)	(n=8)	(n=8)	(n=8)	(n=8)	(n=8)	(n=8)	(n=8)	(n=8)	(n=8)	(n=8)
3 T group	567.8	2.623	42.3	44.2	226.7	40.5	87.7	475.4	84.0	183.2	0.518
	± 34.5	± 0.173	± 11.7	± 11.5	± 77.2	± 15.6	± 33.4	± 175.5	± 31.1	± 71.5	± 0.202
	(n=9)	(n=9)	(n=8)	(n=8)	(n=9)	(n=9)	(n=9)	(n=9)	(n=9)	(n=9)	(n=9)
8 T group	567.8	2.596	51.1	44.6	214.6	38.1	83.3	460.9	81.2	177.3	0.510
	± 21.0	± 0.114	± 13.2	± 8.7	± 63.2	± 12.5	± 27.1	± 155.3	± 27.0	± 57.5	± 0.220
	(n=8)	(n=8)	(n=8)	(n=8)	(n=8)	(n=8)	(n=8)	(n=8)	(n=8)	(n=8)	(n=8)
13 T group	551.2*	2.504	63.7	55.4	266.0	48.3	107.0	481.8	87.3	192.3	0.573
	± 27.5	± 0.148	± 20.6	± 16.4	± 85.3	± 15.2	± 37.1	± 107.9	± 18.5	± 41.4	± 0.207
	(n=8)	(n=8)	(n=7)	(n=7)	(n=8)	(n=8)	(n=8)	(n=8)	(n=8)	(n=8)	(n=8)

- a) B. W. : body weight
 - b) W. G. M. : weight of gastrocnemius muscle
 - c) C. T. : contraction time
 - d) 1/2 R. T. : half relaxation time
 - e) T/T : twitch-tetanus ratio
 - f) Values are mean±S.D.
- * p<0.05 ; Control vs. Training

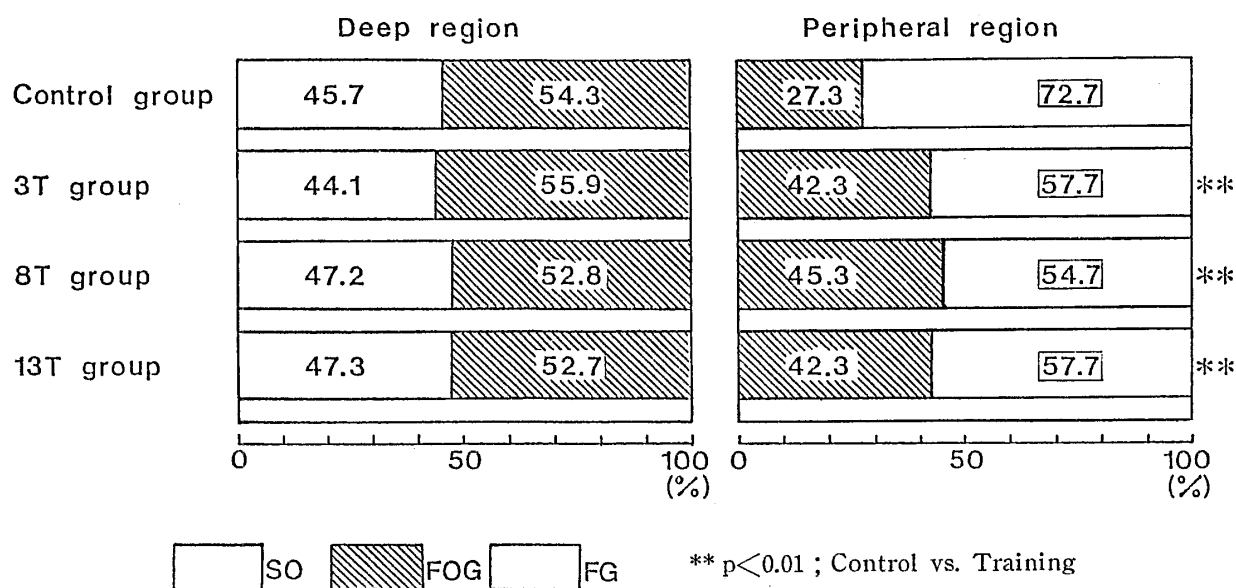


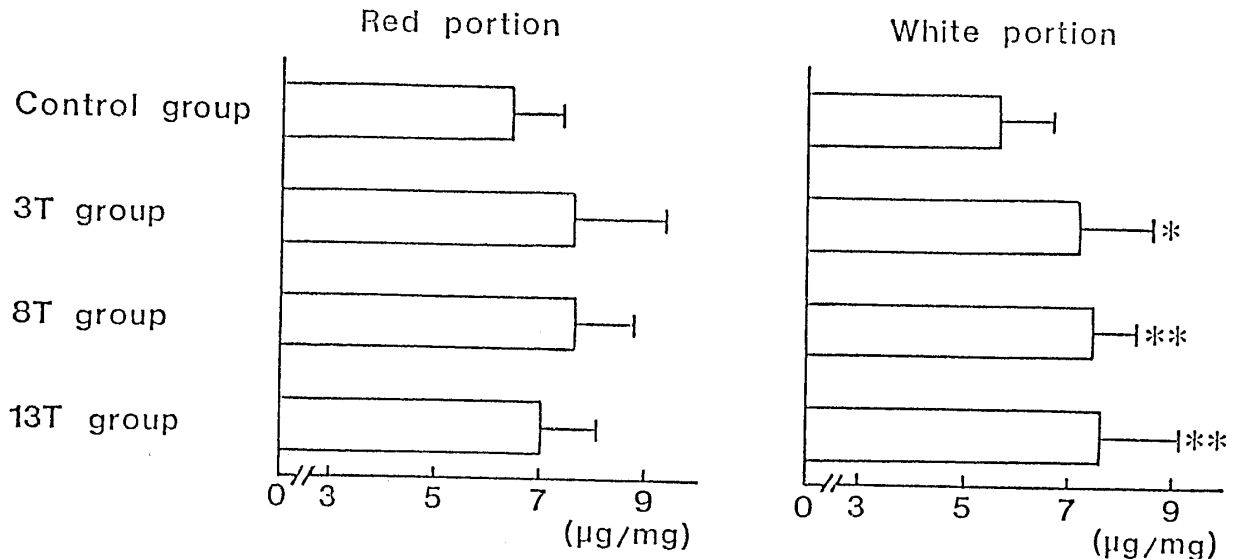
Fig. 4. Fiber distribution in lateral head of gastrocnemius muscle.

各項目の値については、トレーニングにより多少変化する傾向は見られたものの、全体としては各群間に差は認められなかった。

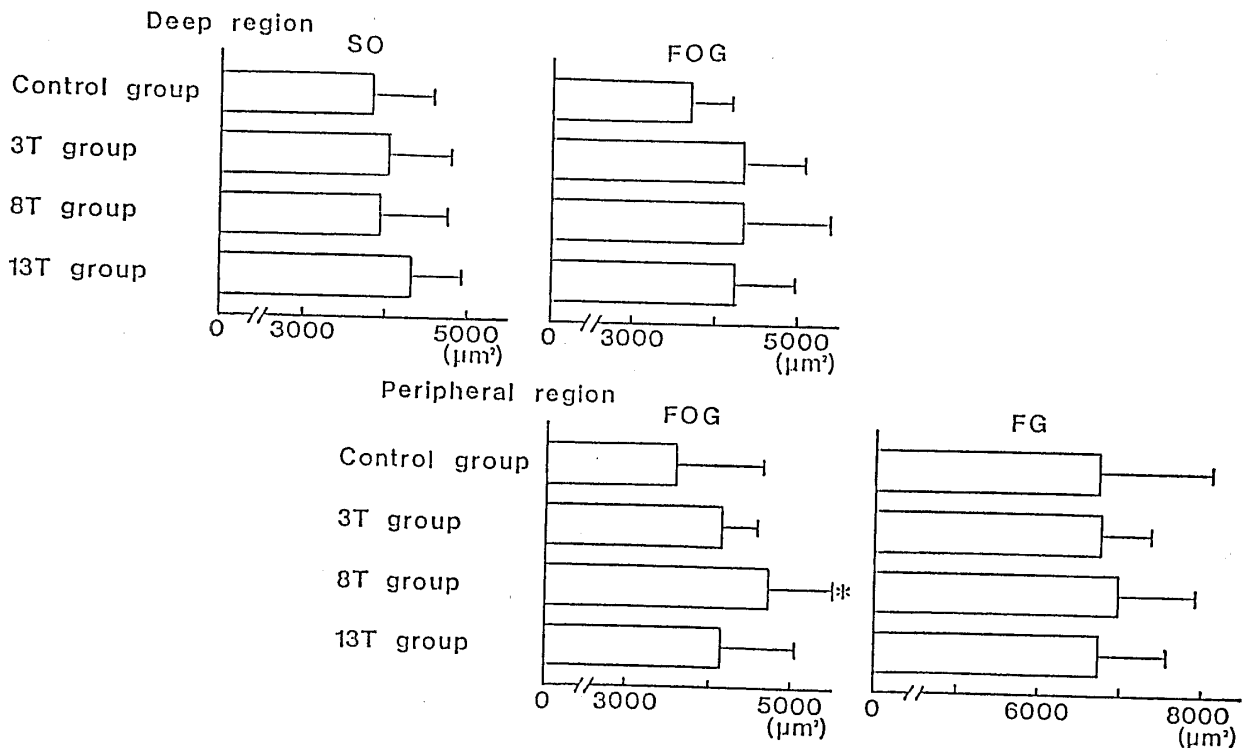
D. 筋線維構成比

図4は、腓腹筋外側頭について、深層部・表層部別に筋線維タイプの構成比を示したものである。

深層部は SO 線維と FOG 線維から構成されているが、トレーニングによる変化は認められず、その構成比は何れの群間においても差が見られなかった。一方、表層部は FOG 線維と FG 線維から成りたっているが、トレーニングによって、3 T群、8 T群、13T群の何れにおいても FOG 線維の比率が有意に増加し、各トレーニング群間



* p<0.05, ** p<0.01; Control vs. Training
 Fig. 5. Glycogen content in medial head of gastrocnemius muscle.



* p<0.05; Control vs. Training
 Fig. 6. Fiber area in lateral head of gastrocnemius muscle.

での筋線維構成比に差は認められなかった。

E. 筋グリコーゲン量

図5は、腓腹筋内側頭の赤色部分と白色部分におけるグリコーゲン量を示したものである。

白色部分については、コントロール群と比較して、3T群が5%水準で、8T群と13T群が1%水準で、各々有意な高値を示した。赤色部分についてもトレーニングによるグリコーゲン量の増加傾向が見られたが、有意なものではなかった。

F. 筋線維横断面積

図6は、腓腹筋外側頭の深層部・表層部における、筋線維タイプ別の平均筋線維横断面積を示したものである。

まず深層部について見ると、SO線維面積では各群間にほとんど差が見られなかった。FOG線維については、各トレーニング群ともコントロール群より高値を示す傾向にあったものの、有意な差には至らなかった。また、各トレーニング群間に差は認められなかった。

一方表層部では、FOG線維において何れのトレーニング群もコントロール群と比べて高値を示したが、有意差が認められたのは8T群のみであった。また、FG線維については、何れの群間においても全く差は認められなかった。

G. ホスホフルクトキナーゼ活性

図7は、腓腹筋内側頭の赤色部分・白色部分におけるPFK活性値を示したものである。

赤色部分では、8T群がコントロール群および13T群と比較して、有意な高値を示した。また、コントロール群との比較において、3T群はやや高値、13T群はやや低値を示す傾向が見られたものの、有意な差には至らなかった。

白色部分においては、13T群が他の各群と比べてやや高値を示す傾向にあったが、有意な差には至らなかった。また、他の3群の値はほぼ同程度であった。

IV. 考 察

A. 体重の変化

本研究の場合、各トレーニング群において、強度、時間、回数、頻度の4条件は同一である一方、評価の時期を23週齢に一致させたため、トレーニング期間は異なるものであった。ここでトレーニング開始の適時性を議論するにあたって、トレーニング期間の差異が、その効果に影響を与えていなかったかどうかをまず検討しなければならないだろう。

各トレーニング群とも、トレーニング開始後3～4週目から体重増加の抑制が始まり、その傾

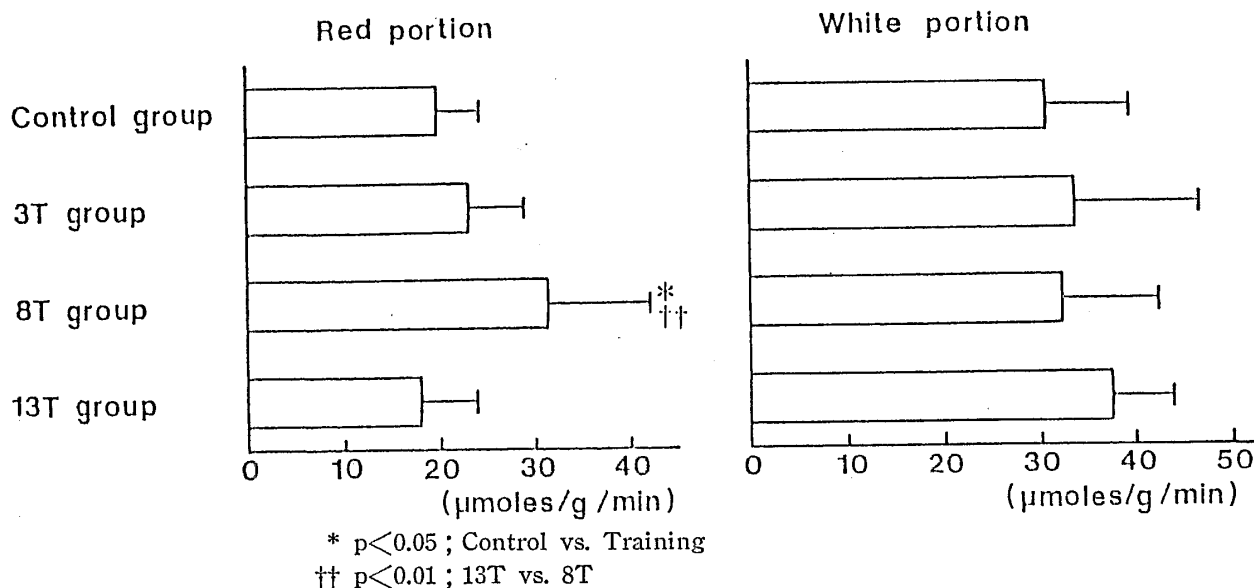


Fig. 7. Phosphofructokinase activity in medial head of gastrocnemius muscle.

向はトレーニング終了時まで継続した。

また各トレーニング群の体重は、最終的にほぼ一定の値に収束する傾向が見られた。一般に、ある一定の作業強度を負荷し続けると、生体はこれに適応し、相対的な強度が低下することはよく知られている。運動強度によって糖質、脂質、蛋白質といったエネルギー源の動員様式が異なり、それが体重の増減に関与し得ることを考えると、本研究において各トレーニング群間に体重差がほとんど見られなかったことは、各群における相対負荷強度の同一性を示すものと言えよう。以上より、本研究において、トレーニング期間の差異は無視し得ることが推察される。

B. 筋横断面積, 筋重量および筋収縮特性

筋横断面積, 筋重量, 筋収縮特性については、多少の変化傾向は見られたものの、全体的には各群間に差は認められなかった。

Edgerton³⁾あるいは Gonyea と Bonde-Petersen⁶⁾は、筋肥大や張力増大が起こるためには、ウェイトトレーニングのような高負荷運動が必要であると述べている。これは、逆に言えば、本研究で用いたパワー・スプリントトレーニングが、高負荷運動すなわちハイパワー運動に至るものではなかったことを意味すると考えられる。

勝田と征矢¹¹⁾は、本研究で用いたものと全く同一の負荷条件で、3, 8, 13の各週齢のラットに対して、いずれも10週間のトレーニングを行わせた。その結果、3週齢開始群と8週齢開始群において筋収縮張力の増加を認めている。このことから考えると、本研究において筋の肥大や張力の増加が起らなかったのは、トレーニング期間の延長、あるいは成長にともなう筋のハイパワー発揮能力の向上などにより、生体に対する相対負荷強度がいずれの群においても低下したことが原因であろうと推察される。

C. 筋線維構成比

トレーニングによって、遅筋線維と速筋線維は相互変換しない¹⁹⁾とされているが、速筋線維のサブグループ間での変換は、代謝特性の変化により起こることが報告されている²¹⁾。本研究においても、腓腹筋表層部でFG線維からFOG線維への

移行現象が認められた。これは、主にミドルパワー発揮による無氣的パワー・スプリントトレーニングにおいて、FG線維の酸化能力が向上したことを示している。また本研究の結果、3T, 8T, 13Tの各群における、FG線維からFOG線維への移行率に差は認められなかった。これは、このパラメーターで評価する場合、どの時点からトレーニングを開始しても大きな違いがないことを示している。

D. 筋グリコーゲン量

運動のエネルギー源として、筋グリコーゲンは重要な意味を持っており、トレーニングにより過補償的に貯蔵効果が認められるという報告¹²⁾がなされている。本研究のトレーニングによっても、腓腹筋内側頭白色部において、3T群に5%水準で、8T群と13T群に1%水準で、それぞれ有意なグリコーゲンの貯蔵効果が認められた。このことから、筋グリコーゲン貯蔵に関しては、トレーニングの至適開始時期を一時期に限定することはできないものの、少なくとも8週齢(性成熟期)以降の方がより効果的であることが示唆された。

E. 筋線維横断面積

筋線維横断面積は成長にともない増加するとされており、勝田¹⁰⁾は、雄ラットのヒラメ筋では、生後30日から120日に至る間に、筋線維直径の著明な増加が認められると報告している。Mani¹⁴⁾は、成熟期前のラットではトレーニングによる筋線維肥大が認められたのに対して、成熟後では見られなかったとしている。またGoldspinkとHowells⁵⁾は、若齢のハムスターほど、トレーニングによる筋線維肥大率が大きいことを確認した。以上より、成長期において筋線維肥大を促すトレーニング刺激を与える場合、最も効果的な時期が存在することは十分考えられるだろう。

本研究の結果、腓腹筋外側頭の表層部のFOG線維において8T群にのみ有意な肥大が認められた。このことは、ミドルパワートレーニングによる筋線維肥大効果が、性成熟期にかけて最も大きいことを示唆している。

F. ホスホフルクトキナーゼ活性

ヒトの胎児期から新生時、子供、および成人ま

でを対象とした Colling-Saltin¹⁾の報告によると、
 腹筋の PFK 活性は1～5歳の時にすでに成人値
 に達しているとされている。また、3～96週齢の
 ラットを用いた研究⁷⁾でも、加齢によって PFK
 活性値は大きな変化を示さないとされている。し
 かしながら、Eriksson⁴⁾は、少年期のトレーニング
 では解糖系の酵素活性はほとんど改善されず、
 PFK 活性値は成人の値に比べ低いものであった
 と報告している。

本研究の結果、腓腹筋内側頭の赤色部におい
 て、8 T群にのみトレーニングによる有意な
 PFK 活性の増加が認められた。このことから、
 成熟期の時点で最も高い解糖能力を発揮するた
 めには、8週齢（性成熟期）にトレーニングを開始
 するのが最適であることが示唆された。

V. 総 括

本研究は、成長期における筋パワートレーニ
 ングの至適開始時期に関する基礎的資料を得る目
 的で行われた。Wistar 系雄ラット33匹を用い、運
 動をさせないコントロール群、3週齢（離乳期）に
 トレーニングを開始させる3 T群、8週齢（性成
 熟期）にトレーニング開始の8 T群、13週齢（成
 熟期初期）にトレーニング開始の13 T群、の4群
 に分けた。トレーニングには、パワースプリント
 走を用いた。負荷は数週間の漸増ののち一定と
 し、17度の昇り勾配を、分速72.5 mで20秒間走
 行させ、これを10セット反復させた。また各セッ
 ト間には3分間の休息をはさんだ。そして、これ
 らを1日1回週5回の頻度で、各トレーニング群
 とも23週齢（成熟期）まで継続させた。

トレーニング期間終了後、各群のラットを解剖
 し、腓腹筋における等尺性収縮特性、形態的特
 性、組織化学的特性、生化学的特性の各項目につ
 いて、分析および検討を試みた。

得られた結果の要約は、以下に示す通りであ
 る。

1. 体重は、各トレーニング群ともトレーニング
 開始後3～4週間でコントロール群と比べて有
 意な低値を示し始め、その傾向はトレーニング期
 間終了時まで継続した。また、各トレーニング群

の値は、最終的にほぼ一定値に収束する傾向が見
 られた。

2. 筋横断面積、筋重量、および等尺性収縮特
 性については、いずれの群間にも差が認められな
 かった。

3. 筋線維構成比については、各トレーニング
 群の腓腹筋表層部において、FG 線維から FOG
 線維への有意なタイプ移行が認められた。また、
 各トレーニング群間で、移行率には差が認められ
 なかった。

4. グリコーゲン貯蔵に関しては、腓腹筋白色
 部において、3 T群に5%水準で、また8 T群、
 13 T群に1%水準で、それぞれ有意な貯蔵効果が
 認められた。

5. 筋線維横断面積については、腓腹筋表層部
 の FOG 線維において、8 T群にのみ有意な増加
 が認められた。

6. PFK 活性は、腓腹筋赤色部において、8
 T群にのみ有意な増加が認められた。

以上の結果から、8 T群つまり性成熟期にトレ
 ニングを開始した群において、最も顕著な効果が
 認められ、これはスプリントによる筋パワート
 レーニングの至適開始時期を示唆するものである
 と考えられる。

本研究は昭和59年度文部省科学研究費特定研究 A
 (課題番号59127034)発育期の体力に関する基礎的研
 究(研究代表者：小野三嗣)によるものである。

参 考 文 献

- 1) Colling-Saltin, A. S. (1978) : Some quantitative biochemical evaluations of developing skeletal muscles in the foetus. *J. Neurol. Sci.*, **39**, 187-198.
- 2) Edgerton, V. R., Gerchman, L. and Carrow, R. (1969) : Histochemical changes in rat skeletal muscle after exercise. *Exp. Neurol.*, **24**, 110-123.
- 3) Edgerton, V. R. (1976) : Neuromuscular adaptation to power and endurance work. *Can. J. Appl. Sport Sci.*, **1**, 49-58.
- 4) Eriksson, B. O. (1972) : Physical training, oxygen supply and muscle metabolism in 11-13 year old

- boys. *Acta Physiol. Scand.*, Suppl. 384, 1-48.
- 5) Goldspink, G. and Howells, K. F. (1974) : Work-induced hypertrophy in exercised normal muscles of different ages and the reversibility of hypertrophy after cessation of exercise. *J. Physiol.*, 239, 179-193.
 - 6) Gonyea, W. J. and Bonde-Petersen, F. (1978) : Alterations in muscle contractile properties and fibre composition after weight lifting exercise in cats. *Exp. Neurol.*, 59, 75-84.
 - 7) Goodman, M. N., Dluz, S. M., Mcelaney, M. A., Belur, E. and Ruderman, N. B. (1983) : Glucose uptake and insulin sensitivity in rat muscle: changes during 3-96 weeks of age. *Am. J. Physiol.*, 244, E93-E100.
 - 8) ヘッティンガー(猪飼道夫・松井秀治 訳)(1970) : アイソメトリックトレーニング, 筋力トレーニングの理論と実際, 大修館書店, p.164.
 - 9) Hickson, R. C., Heusner, W. W. and Van Huss, W. D. (1975) : Skeletal muscle enzyme alterations after sprint and endurance training. *J. Appl. Physiol.*, 40, 868-872.
 - 10) 勝田 茂(1979) : 骨格筋線維の生後発育に関する光顕的・電顕的研究, 体育学研究, 24, 201-208.
 - 11) 勝田 茂, 征矢英昭(1984) : 発育期における筋出力系トレーニングの適時性に関する研究, 昭和58年度科研費特定研究(1), 研究成果報告書, pp 46-52.
 - 12) Lamb, D. R., Peter, J. B., Jeffress, R. N. and Wallance, H. A. (1969) : Glycogen, hexokinase, and glycogen synthetase adaptations to exercise. *Am. J. Physiol.*, 217, 1623-1632.
 - 13) Lo, S., Russel, J. C. and Taylor, A. W. (1970) : Determination of glycogen in small tissue samples. *J. Appl. Physiol.*, 28, 234-236.
 - 14) Man-i, M., Ito, K. and Kikuchi, K. (1967) : Histological studies of muscular training. Report I. Effect of training upon skeletal muscle fibers. *Res. J. Physical Education.*, 11, 153-165.
 - 15) Novikoff, A. B., Shin, W. and Drucker, J. (1961) : Mitochondrial localization of oxidative enzymes: Staining results with two tetrazolium salts. *J. Biophys. Biochem. Cytol.*, 9, 47-61.
 - 16) Padykula, H. A. and Herman, E. (1955) : Factors affecting the activity of adenosine triphosphatase and other phosphatase as measured histochemical techniques. *J. Histochem.*, 3, 161-169.
 - 17) Peter, J. B., Barnard, R. J., Edgerton, V. R., Gillespie, A. C. and Stempel, K. E. (1972) : Metabolic profiles of three fiber types of skeletal muscle in guinea pigs and rabbits. *Biochemistry*, 11, 2627-2633.
 - 18) Shonk, C. E. and Boxer, G. E. (1964) : Enzyme patterns in human tissues. I. Methods for the determination of glycolytic enzymes. *Cancer Res.*, 24, 709-721.
 - 19) Thorstensson, A. (1976) : Muscle strength, fibre types and enzyme activities in man. *Acta Physiol. Scand.*, Suppl. 443.