「パワーアップ型」と「バルクアップ型」筋力トレーニング手段の トレーニング効果の相違

— 筋断面積, 筋力, 無氣的パワーおよび無氣的持久力に着目して —

崔 鳥淵* 高橋英幸** 板井悠二*** 高松 薫**

THE DIFFERENCE BETWEEN EFFECTS OF “POWER-UP TYPE” AND “BULK-UP TYPE” STRENGTH TRAINING EXERCISES — WITH SPECIAL REFERENCE TO MUSCLE CROSS-SECTIONAL AREA, MUSCULAR STRENGTH, ANAEROBIC POWER AND ANAEROBIC ENDURANCE —

JOYEON CHOI, HIDEYUKI TAKAHASHI, YUJI ITAI and KAORU TAKAMATSU

Abstract

In this study, the difference between the effects of “power-up type” and “bulk-up type” strength training exercise was investigated by analyzing parameters such as structural and functional adaptations in the neuromuscular system. Eleven subjects were divided into power-up and bulk-up groups. The power-up group comprised five male subjects who performed 5 sets at 90% of one repetition maximum (1 RM) with a 3-min rest between sets (repetition method). The bulk-up group comprised six male subjects who performed 9 sets at 80-60-50%, 70-50-40%, and 60-50-40% of 1 RM with rest intervals between sets of either 30 s or 3 min (interval method). Both groups performed isotonic knee extension exercise twice a week for 8 weeks. The power-up group showed a lower rate of improvement than the bulk-up group in terms of cross-sectional area (CSA) of the quadriceps femoris at levels 30%, 50% and 70% from the top of the femur, and also in average isokinetic strength (Isok. ave.; 180 deg/s, 50 consecutive repetitions). However, the power-up group showed a greater rate of improvement in 1 RM, maximal isometric strength (Isom. max), and maximal isokinetic strength (Isok. max; 60, 180, 300 deg/s). Furthermore, the rate of reduction in strength over 50 consecutive isokinetic repetitions decreased in the bulk-up group. On the other hand, the power-up group showed no significant changes in the above throughout the entire training program. These results indicate that the characteristics of the two types of training exercise are as follows: (1) power-up exercise is effective mainly for improving muscular strength and anaerobic power, and (2) bulk-up exercise is effective mainly for improving hypertrophy and anaerobic endurance. These findings support the idea that “power-up type” and “bulk-up type” strength training exercises should be applied appropriately according to the training aim.

(Jpn. J. Phys. Fitness Sports Med. 1998, 47: 119~130)

key words : strength training, power-up type, bulk-up type, muscle cross-sectional area, muscular strength, anaerobic power, anaerobic endurance.

I. 緒 言

多くのスポーツのなかで、筋力づくりまたは筋肉づくりの結果が直接勝敗にかかわる典型的な競

技として、ウエイトリフティング競技とボディービルコンテストがある。しかし、前者は体重によって階級分けされているので、体重(筋量)を増加させない方向での筋力づくりがトレーニング目標に

*筑波大学体育科学研究科
〒305 茨城県つくば市天王台1-1-1

**筑波大学体育科学系
〒305 茨城県つくば市天王台1-1-1

***筑波大学臨床医学系放射線科
〒305 茨城県つくば市天王台1-1-1

Doctoral Program in Health and Sport Sciences, University of Tsukuba,
Tennodai 1-1-1, Tsukuba, Ibaraki 305

Institute of Health and Sport Sciences, University of Tsukuba, Tennodai
1-1-1, Tsukuba, Ibaraki 305

Department of Radiology, Institute of Clinical Medicine, University of
Tsukuba, Tennodai 1-1-1, Tsukuba, Ibaraki 305

なり, 後者は隆々とした見栄えのする筋肉づくりがトレーニング目標になる。これらの目標は, 筋力トレーニングにおけるいくつかの目標のなかにおいて, ある意味では両極に位置づけられるものである²⁰⁾。

筋力トレーニングを行う場合には, トレーニング目標を明らかにすることと同時に, その目標を効果的に達成することのできるトレーニング手段 (training exercise) やトレーニング計画をつくることが重要である。

筋力に最も大きく影響を及ぼす要因は, 筋収縮のエネルギー源である ATP, CP を貯蔵している筋系とそれを支配している神経系であり, 前者は筋断面積によって, また後者は運動単位の動員能力, すなわち運動単位の動員数・同期化および神経衝撃の発射頻度などによって評価されている^{15, 16, 20)}。

トレーニングを開始すると, 最初は神経系が改善されて筋力が増加し, 続いて筋の肥大が生じ, それに伴って筋力が増加する^{6, 17)}ことはよく知られているが, 筋力トレーニングを継続的に行っている競技者にとっては, この両者をトレーニングのどの段階・周期においても意図的に高めることが要求される。しかし, この両者を同時にしかも最大まで高めることは, ウエイトリフターやボディビルダーの例をみても分かるようにかなり困難である。著者ら²⁰⁾は, このことが, 筋力トレーニング手段を, ねらいの相違によって, 運動単位の動員能力の増大をおもなねらいとするパワーアップ型手段と, 筋断面積の増大をおもなねらいとするバルクアップ型手段の2種に大別しなければならない理由であると考えている^{注1)}。

トレーニングの現場では, パワーアップ型手段は, 高強度・低回数の負荷 (最大筋力の約90%以上, 約1~3回繰り返すことができる負荷) を用いて, セット間に比較的長い休息をとりながら, レペティション法によってセット数をやや少なめに行うのが一般的である。これに対して, バルクアップ型手段は, 比較的低強度・高回数の負荷 (最大筋力の約40~80%, 約5~40回繰り返すことができる負荷) を用いて, セット間に短い休息をと

りながら, インターバル法によってセット数をかなり多めに行うのが一般的である。

これまで, 筋力トレーニングにおける負荷の相違に応じて, 筋は特異的な適応を示すことが明らかにされている。これらの研究のなかには, 上述のパワーアップ型手段とバルクアップ型手段の負荷特性を, トレーニング実験をととして比較した著者ら²⁰⁾や Hisaeda ら⁹⁾の研究もある。しかし, 両トレーニング手段の負荷特性については, この二つの研究結果が異なるように, 現在でも十分に明らかにされているとは言えない状況にある。

そこで本研究では, パワーアップ型手段とバルクアップ型手段のトレーニング効果の相違を, 筋断面積, 筋力, 無氣的パワーおよび無氣的持久力などの面から比較検討することを目的とした。

II. 方 法

A. 被検者

被検者は特別に運動を行っていない一般成人男子11名であった。このうち, 5名をパワーアップ型群 (年齢: 27.6 ± 3.7 歳, 身長: 173.8 ± 6.4 cm, 体重: 70.0 ± 5.4 kg), 残りの6名をバルクアップ型群 (年齢: 29.4 ± 3.4 歳, 身長: 173.6 ± 2.2 cm, 体重: 68.2 ± 4.8 kg) に任意に分けた。実験を開始するにあたり, 全ての被検者に本研究の目的, 方法, 危険性などを十分に説明し, 本研究への参加の同意を得た。

B. トレーニング

パワーアップ型群, バルクアップ型群ともに, 被検者には, 背もたれのついた筋力測定台に下腿を下垂した姿勢で座らせ, 膝関節角度 90° から 180° までの動的な膝伸展運動を右脚で行わせた。負荷重量は, 右脚の外果と内果を通るようにつけたベルトにワイヤーを介して取り付けした。パワーアップ型群には, 1RM の90%の負荷で5セット行わせた。セット間には3分間の休息をとらせた (レペティション法)。一方, バルクアップ型群には, 1~3セットは1RM の80, 60, 50%, 4~6セットは70, 50, 40%, 7~9セットは60, 50, 40%の負荷で合計9セット行わせた。そして,

1～3, 4～6, 7～9のセット間には30秒間, 3～4, 6～7のセット間には3分間の休息をとらせた(インターバル法)。両群ともに, いずれのセットにおいても exhaustion になるまで膝伸展運動を反復させた。なお, パワーアップ型群およびバルクアップ型群が行った上述の筋力トレーニング手段は, それぞれのねらいを達成するために一般によく用いられているものである。また, 後者の手段は一般にマルチパウンデッジ法と呼ばれている^{5, 11)}。ただし, 典型的なマルチパウンデッジ法では, 1～3, 4～6, 7～9のセット間には休息をほとんどはさまないが, ここでは負荷重量を取り替えるために30秒間の休息をとらせた。

トレーニング期間は8週間, トレーニング頻度は週2回であった。トレーニング効果および負荷をチェックするために, トレーニング開始前, 2・4・6週間後および終了後に動的最大膝伸展力(1回挙上することができる最大重量, 1RM)を測定した。なお, 1RMの測定は, ある重量に対して1回挙上することができれば, さらにつぎの重量に臨むという方法で行った。ただし, 重量は2.5kgずつあげるようにした。また, 最初の重量は総試技数が5回を越えないように各被検者に決めさせた。

C. 測定項目および方法

トレーニング開始前, 4週間後および終了後に筋断面積を測定した。また, トレーニング開始前, 2・4・6週間後および終了後に, 筋力の指標として1RMのほかには等尺性最大膝伸展力(Maximal isometric strength; Isom. max)を測定した。また, 無氣的パワーの指標として等速性最大膝伸展力(Maximal isokinetic strength; Isok. max), 無氣的持久力の指標として等速性平均膝伸展力(Average isokinetic strength; Isok. ave.)を測定した。

1. 筋断面積

筋断面積の測定には, 磁気共鳴映像法(Magnetic Resonance Imaging; MRI, Signa, 1.5 T; GE 社製)を用いた。本研究では, MRI から得られた右大腿部の縦断像より大転子および外側顆間結節を同

定した後, 大転子から遠位30%の位置より膝に向かって15枚の横断像をスライス厚 10 mm, スライス間隔 12 mm で連続的に撮影した。得られた横断像をフィルムに現像した後, 大転子から遠位30, 50, 70%に相当する部位(順に上部, 中央部, 下部とする)の大腿四頭筋(m. quadriceps femoris; QF)および大腿四頭筋を構成している外側広筋(m. vastus lateralis; VL), 中間広筋(m. vastus intermedius; VI), 内側広筋(m. vastus medialis; VM)および大腿直筋(m. rectus femoris; RF)をそれぞれトレースし, コンピューター(PC-9801 ns; 日本電気社製)に接続されたデジタイザー(KD 4030; Graphtec 社製)を用いて筋断面積を求めた。

2. 等尺性最大膝伸展力, 等速性最大膝伸展力および等速性平均膝伸展力

座位姿勢による右脚の等尺性最大膝伸展力, 等速性最大膝伸展力および等速性平均膝伸展力を, 等速性筋力測定装置(バイオデックス; Biodex 社製)を用いて測定した。

等尺性最大膝伸展力の測定は膝関節角度90度で行った。また, 等速性最大膝伸展力の測定は角速度 60, 180, 300 deg/secで行った。この測定においては, 運動の範囲がトレーニング時とほぼ同様になるように配慮しながら, 60, 180 deg/secでは連続3回, 300 deg/secでは連続5回の試行を最大努力で行わせた。これらの測定はいずれも2セット行い, 代表値にはそのうちの最も高いピークトルクを用いた。

一方, 等速性平均膝伸展力の測定では, 角速度 180 deg/secで最大努力による連続50回の試行を1セット行わせ, ピークトルクの低下のしかたおよび50回の平均ピークトルクを求めた。

なお, 上述の3種の膝伸展力の測定は, 筋力発揮に最も適した姿勢になるように配慮しながら, 被検者の肩, 腹部, 大腿部を専用ベルトにより測定用の椅子に固定して行った。また, 疲労の影響を受けないように, 各測定間に十分な休息時間をとって行った。

D. 統計処理

各測定項目におけるパワーアップ型群とバルク

アップ型群との平均値の差の検定には、対応のない t-test を用いた。また、各群内のトレーニング期間による平均値の差の検定には、一元配置の分散分析を用い、さらに F 値が有意であった場合には、Scheffe's 法を用いて多重比較を行った。なお、統計処理の有意性は危険率 5 % 水準で判定した。

Ⅲ. 結 果

A. 筋断面積

表 1 に、トレーニング経過に伴う大腿四頭筋全体の筋断面積の変化を示した。また、図 1 に、大腿四頭筋全体および大腿四頭筋を構成する各筋の筋断面積の増加率の変化を示した。

トレーニング終了後(8週間後)の成績で比較すると、大腿四頭筋全体の筋断面積の増加率は、上部、中央部、下部のいずれの部位においてもバルクアップ型群 (12.5 ± 2.4 , 10.5 ± 1.1 , $12.3 \pm 2.8\%$) がパワーアップ型群 (6.9 ± 1.8 , 6.1 ± 1.2 , $6.7 \pm 1.1\%$) より有意に高い値を示した。また、外側広筋、中間広筋、内側広筋および大腿直筋の筋断面積の増加率も、ほとんどすべての部位においてバルクアップ型群(増加率の範囲: $6.4 \pm 1.7 \sim 20.3 \pm 5.1\%$) がパワーアップ型群(増加率の範囲: $5.6 \pm 1.4 \sim 13.5 \pm 5.2\%$) より有意に高い値を

示した。

一方、大腿四頭筋全体の筋断面積の増加率を部位間で比較した結果、パワーアップ型群では部位による顕著な差は認められなかったが、バルクアップ型群では上部と下部が中央部より大きく発達する傾向にあった。また、大腿四頭筋を構成する各筋の断面積の増加率を部位別で比較した結果、パワーアップ型群では、外側広筋と中間広筋には部位による顕著な差は認められなかったが、内側広筋は上部、大腿直筋は下部が大きく発達する傾向にあり、バルクアップ型群では、外側広筋は上部と下部、中間広筋と大腿直筋は中央部と下部、内側広筋は上部が大きく発達する傾向にあった。

B. 筋力および無氣的パワー

表 2 に、トレーニング経過に伴う 1 RM, 等尺性最大膝伸展力および等速性最大膝伸展力 (60, 180, 300 deg/sec) の変化を示した。トレーニング終了後の成績で比較すると、1 RM, 等尺性最大膝伸展力の増加率は、いずれもパワーアップ型群 (44.0 ± 18.1 , $33.8 \pm 7.3\%$) がバルクアップ型群 (35.6 ± 11.7 , $19.8 \pm 4.7\%$) より高い値を示した。また、等速性最大膝伸展力の増加率も、60, 180, 300 deg/sec のいずれの角速度においてもパワー

Table 1. Changes in training effect of cross-sectional area (CSA) of quadriceps femoris.

Training exercise		CSA					
		Upper level		Middle level		Lower level	
		cm ²	%	cm ²	%	cm ²	%
Power-up type (n=5)	Pre	86.8±12.6		89.9±10.2		76.7±10.6	
	4 wks	89.7±12.8	3.3±0.9	92.0±10.1	2.5±0.6	78.9±10.3	3.3±0.9
	8 wks	92.9±13.7	6.9±1.8	95.2±10.2	6.1±1.2	81.7±10.8	6.7±1.1
	Difference	Pre<4<8		Pre<4<8		Pre<4<8	
Bulk-up type (n=6)	Pre	81.5±6.5		84.3±7.1		71.8±5.7	
	4 wks	86.2±7.6	5.7±1.8*	88.4±7.5	4.9±1.0*	75.8±6.2	5.6±1.8*
	8 wks	91.8±8.7	12.5±2.4*	93.1±7.2	10.5±1.1*	80.6±6.2	12.3±2.8*
	Difference	Pre<4<8		Pre<4<8		Pre<4<8	

1. Quadriceps femoris involves vastus lateralis, vastus intermedius, vastus medialis and rectus femoris.
2. Upper (U), Middle (M) and Lower (L) levels represent 70, 50 and 30% of the fractions of femur length.
3. Values are mean±SD.
4. % ; rate of increase to pre-training
5. * ; significant difference from power-up type ($P<0.05$)
6. < ; $P<0.05$

Fig. 1. Training effect of cross-sectional area (CSA) of quadriceps femoris.
See Table 1 for definitions.

Table 2. Changes in training effect of maximal dynamic strength (1 RM), maximal isometric strength (Isom. max) and maximal isokinetic strength (Isok. max).

Training exercise		1RM		Isom. max		Isok. max					
		kg	%	Nm	%	60 deg / sec		180 deg / sec		300 deg / sec	
						Nm	%	Nm	%	Nm	%
Power-up type (n=5)	Pre	59.0±8.2		255.7±60.2		236.1±39.8		160.6±32.8		121.9±20.4	
	2 wks	63.0±8.7	6.8±4.0	277.8±65.0	8.6±1.5*	249.0±44.2	5.4±2.2	165.4±33.3	3.0±2.0	134.7±23.4	10.5±2.8
	4 wks	68.5±10.4	16.2±9.5	308.1±65.9	20.9±6.4*	264.9±46.7	12.1±3.1	180.9±33.6	13.1±7.4	142.8±23.3	17.3±4.4
	6 wks	73.0±11.0	23.9±11.6	325.7±68.8	28.0±6.7*	282.9±45.5	20.0±5.3	199.0±37.1	24.4±8.6	150.8±22.3	24.1±6.1
	8 wks	84.5±12.4	44.0±18.1	348.5±78.3	33.8±7.3*	313.9±49.5	31.0±11.2	225.0±42.3	36.7±12.2*	160.4±24.3	28.9±9.0*
	Difference	Pre - 2 < 4 < 6 < 8		Pre < 2 < 4 < 6 < 8		Pre < 4 < 6 < 8		Pre < 4 < 6 < 8		Pre < 2 < 4 < 6 < 8	
Bulk-up type (n=6)	Pre	52.9±6.8		252.9±49.0		221.7±21.1		147.2±12.7		111.1±13.5	
	2 wks	56.7±6.6	7.2±2.9	266.9±51.5	5.8±0.9	229.1±20.1	3.9±11.3	153.8±12.2	4.7±6.4	120.9±10.0	9.5±8.5
	4 wks	62.1±6.4	17.8±8.0	284.3±52.9	13.0±4.5	248.1±15.5	12.4±9.0	168.9±16.1	14.9±8.5	125.8±15.5	13.7±11.0
	6 wks	68.1±7.0	29.3±9.9	292.9±51.9	16.3±4.9	262.0±17.1	18.8±11.8	178.1±20.0	22.3±8.0	132.5±15.1	19.5±11.5
	8 wks	71.3±6.3	35.6±11.7	301.8±53.5	19.8±4.7	278.8±18.2	26.3±10.1	180.4±19.4	23.0±14.1	134.0±13.1	21.2±9.4
	Difference	Pre < 2 < 4 < 6 < 8		Pre < 2 < 4 < 6 < 8		Pre < 2 < 6 < 8 Pre < 4		Pre < 2 < 4 < 6 < 8		Pre < 4 < 6 < 8 2 < 6 < 8	

1. All exercises for measurement are knee extension.
2. * ; significant difference from bulk-up type ($P<0.05$)
3. See Table 1 for other definitions.

Table 3. Changes in training effect of maximal dynamic strength (1 RM), maximal isometric strength (Isom. max) and maximal isokinetic strength (Isok. max) per cross-sectional area (CSA) of quadriceps femoris (middle level).

Training exercise	1RM / CSA		Isom. max / CSA		Isok. max / CSA					
	kg / cm ²	%	Nm / cm ²	%	60 deg / sec		180 deg / sec		300 deg / sec	
					Nm / cm ²	%	Nm / cm ²	%	Nm / cm ²	%
Power-up type (n=5)	Pre	0.68±0.03		2.92±0.34		2.72±0.21		1.85±0.22		1.41±0.15
	4 wks	0.77±0.09	13.4±8.6	3.44±0.43	18.0±5.3 *	2.97±0.21	9.4±2.6	2.03±0.14	10.4±8.1	1.61±0.18 14.5±4.3
	8 wks	0.92±0.11	35.6±15.2 *	3.64±0.36	26.5±6.2 *	3.30±0.04	23.9±9.9 *	2.37±0.19	29.4±9.9 *	1.70±0.18 21.9±7.8 *
	Difference	Pre<4<8		Pre<4<8		Pre<4<8		Pre<4<8		Pre<4<8
Bulk-up type (n=6)	Pre	0.65±0.09		3.14±0.75		2.72±0.22		1.81±0.12		1.36±0.15
	4 wks	0.73±0.09	11.0±8.2	3.30±0.77	7.4±3.8	2.92±0.31	11.7±6.5	1.98±0.21	11.8±6.8	1.48±0.21 13.5±8.9
	8 wks	0.80±0.09	21.2±12.0	3.39±0.76	8.5±4.4	3.11±0.35	14.4±9.4	2.01±0.27	14.4±11.2	1.49±0.19 9.7±8.9
	Difference	Pre<4<8		Pre<4<8		Pre<4<8		Pre<4<8		Pre<4<8

See Table 1 and 2 for definitions.

Table 4. Changes in training effect of average isokinetic strength (Isok. ave.) and its ratio to cross-sectional area (CSA) of quadriceps femoris (middle level).

Training exercise		Isok. ave.		Isok. ave. / CSA	
		Nm	%	Nm / cm ²	%
Power-up type (n=5)	Pre	84.3±7.2		0.98±0.09	
	2 wks	88.7±9.0	5.1±1.7	—	—
	4 wks	94.7±9.6	12.3±2.1	1.07±0.10	9.6±2.4
	6 wks	95.9±8.9	13.8±1.2	—	—
	8 wks	100.1±11.9	17.7±3.2	1.08±0.10	10.8±3.0
	Difference	Pre<2<4<6<8		Pre<4<8	
Bulk-up type (n=6)	Pre	83.5±6.4		1.00±0.13	
	2 wks	89.7±5.1	7.6±2.7 *	—	—
	4 wks	101.2±11.1	21.1±7.9 *	1.17±0.14	17.1±6.0
	6 wks	106.0±10.9	27.2±6.8 *	—	—
	8 wks	112.3±12.1	34.3±6.4 *	1.22±0.17	21.9±5.1 *
	Difference	Pre<2<4<6<8		Pre<4<8	

1. Average isokinetic strength represents mean torque at 50-repetitive maximal knee extensions (180 deg/sec).
2. See Table 1 for other definitions.

アップ型群 (31.0±11.2, 36.7±12.2, 28.9±9.0%) がバルクアップ型群 (26.3±10.1, 23.0±14.1, 21.2±9.4%) よりそれぞれ高い値を示した。このうち、等尺性最大膝伸展力, 180, 300 deg/sec の角速度による等速性最大膝伸展力の増加率には、両群間に有意差が認められた。また、表 3 に示すように、筋断面積 (中央部) あたりの 1 RM, 等尺性最大膝伸展力, および 3 種の角速度による等速性膝伸展力の増加率も、パワーアップ型群 (35.6±15.2%, 26.5±6.2%, 23.9±9.9・

29.4±9.9・21.9±7.8%) がバルクアップ型群 (21.2±12.0%, 8.5±4.4%, 14.4±9.4・14.4±11.2・9.7±8.9%) より有意に高い値を示した。

C. 無氣的持久力

表 4 に、トレーニング経過に伴う等速性平均膝伸展力, すなわち連続 50 回にわたる等速性膝伸展力の平均値の変化を示した。トレーニング終了後の成績と比較すると、等速性平均膝伸展力の実測値と筋断面積あたりの相対値の増加率は、いずれ

Fig. 2. Percentage decrease of torque at every five trials during 50-repetitive maximal knee extensions.

See Table 1 and Fig. 1 for definitions.

もバルクアップ型群 (34.3 ± 6.4 , $21.9 \pm 5.1\%$) がパワーアップ型群 (17.7 ± 3.2 , $10.8 \pm 3.0\%$) より有意に高い値を示した。

また、図2に示すように、連続50回にわたる等速性膝伸展力の低下率は、トレーニングが進むにつれてバルクアップ型群では有意に小さくなるのに対して、パワーアップ型群ではほとんど変化しないことが認められた。

なお、図3に、上述の筋断面積の増加率と1RM、等尺性最大膝伸展力、等速性最大膝伸展力および等速性平均膝伸展力の増加率との関係をまとめて示した。

Ⅳ. 考 察

本研究では、1回のトレーニングとして、パワーアップ型群には1RMの90% (高強度・低回数) の負荷を用いてレペティション法で5セット行わせ、バルクアップ型群には1RMの80~40% (低強度・高回数) の負荷を用いてインターバル法で9セット行わせた。これらの負荷方法は、パワーアップ (筋力アップ) をおもなねらいとして、あるいは筋肥大をおもなねらいとして、いずれも一般によく用いられているものである^{5, 11)}。

本研究では、週2回、8週間のトレーニング終了後に、大腿四頭筋全体および大腿四頭筋を構成

Fig. 3. Relationships between training effect of cross-sectional area (CSA) of quadriceps femoris (middle level) and training effect of maximal dynamic strength (1RM), maximal isometric strength (Isom. max), maximal isokinetic strength (Isok. max) and average isokinetic strength (Isok. ave.).

See Table 1 and 4 for definitions.

する外側広筋, 中間広筋, 内側広筋および大腿直筋の筋断面積の増加率は, いずれもバルクアップ型群がパワーアップ型群より有意に高い値を示した。しかし, これとは逆に, 1RM, 等尺性最大膝伸展力および60, 180, 300 deg/secの角速度による等速性最大膝伸展力の増加率は, 実測値および筋断面積あたりの相対値ともに, パワーアップ型群がバルクアップ型群より高い値を示した。このうち, 1RMの実測値, 60 deg/secの角速度による等速性最大膝伸展力の実測値を除くすべての項目に有意差が認められた。この結果は, 男性1名を対象にした著者ら²⁰⁾の研究結果とほぼ同じである。

本研究では, パワーアップ型群とバルクアップ型群との間に生じた上述のトレーニング効果の差の原因を, つぎのように考えている。

パワーアップ型群に用いた高強度・低回数 of トレーニング手段では, 最大筋力に近い大きな力を発揮するので, 運動単位の動員数や神経衝撃の発射頻度を多くすることができる⁴⁾。しかし, この手段では, その運動に関与する筋肉のすべての筋線維を動員し, それらのすべてが疲労して運動を繰り返すことができなくなったわけではない。また, セット間の休息時間が比較的長いレベティション法では, つぎのセットまでに疲労を回復できるので, 数セット行ったとしても動員しない筋

線維はあると推測される。これらのことが、パワーアップ型群では筋力・無氣的パワーの増大を引き起こすことができたが、筋肥大を十分に引き起こすことができなかった原因の一つであると考えられる。

これに対して、バルクアップ型群に用いた低強度・高回数的手段では、比較的大きな力を繰り返すことができなくなるまで発揮するので、その運動に関与する筋内の筋線維をかなり多く動員できると推測される。また、セット間の休息時間が短いインターバル法では、セット数が進むにつれて、大部分の筋線維を疲労するまで動員できると推測される。しかし、この方法では、セット数が進むにつれて、発揮される筋力は低下していくので、運動単位の動員数は徐々に低下していくことになる。これらのことが、バルクアップ型群では筋肥大を引き起こすことはできたが、それを筋力・無氣的パワーの増大に十分に結びつけることができなかった原因の一つであると考えられる。なお、Luthi ら¹²⁾は、6週間の筋力トレーニングによる筋断面積の増大は、筋原線維の増加によると報告しているが、筋断面積の増大の原因には、筋原線維の増加による筋線維の肥大や筋線維数の増殖^{2, 8)}などの他に、筋内の結合組織の増大もあげている^{1, 10)}。結合組織は、ヒトではトレーニングによって大きく変化しないようである^{13, 14, 19)}が、これもまた一つの原因として考慮する必要がある。さらに、Fukunaga ら⁷⁾が指摘しているように、筋肥大にともなう羽状角の増大は、ある角度以上になると筋力の低下につながるの、これもまた一つの原因として考慮する必要がある。

本研究では、上述のように、パワーアップ型群とバルクアップ型群とのトレーニング効果の差の原因を考えているが、本研究とはほぼ同じねらいの研究であっても異なった結果を示した研究もある。Hisaeda ら⁹⁾は、女子大学生を対象にして、本研究のパワーアップ型群にはほぼ相当するS群とバルクアップ型群にはほぼ相当するH群のトレーニング効果を比較した結果、両群間には、筋断面積にも等速性筋力にも顕著な差のないことを示した。本研究では、両者の研究結果に差異が生じた

原因を明示することはできないが、性差によって筋力トレーニングに対する応答が異なることのほかに、負荷方法の相違も影響していると考えられる。今後、これらのことを考慮して、本研究課題をさらに検討することが必要であろう。

なお、これまで、本研究と同じように、膝伸展運動を用いて筋力トレーニング効果をみた研究は数多く行われている。これらのなかで、Hisaeda ら⁹⁾、Luthi ら¹²⁾、Narici ら¹⁸⁾、Young ら²¹⁾は、トレーニングを週3～4回の頻度で1～3カ月間行わせ、その効果を最大筋力と大腿四頭筋全体の筋断面積の両者を用いて評価している。それらの結果を概観すると、最大筋力の増加率は14.8～41.0%の範囲にあり、筋断面積の増加率は3.3～8.5%の範囲にあった。これに対して、本研究の結果は、等尺性最大筋力、筋断面積の増加率が、パワーアップ型群では順に33.8%、6.1%、バルクアップ型群では順に19.8%、10.5%であり、上述の結果の範囲内にあった。しかし、本研究の結果も含めて上述の諸結果を筋力の増加率と筋肥大の増加率との間で比較してみると、いずれの研究も前者が後者に比較して大きいことが認められた。このことは、パワーアップ型はバルクアップ型に比較して、筋断面積あたりの筋力の増加率が高かったとしても、本研究の被検者のような健康者では、先行研究^{9, 12, 18, 21)}で示されたように、運動単位の動員能力の増大が筋肥大の増大に優ることを示すものである。したがって、本研究課題をさらに検討するためには、今後さらに、継続的に高度にトレーニングされた被検者を対象にして研究を進めることが必要であると考えられる。

本研究では、大腿四頭筋全体の筋断面積の増加率を部位間で比較した。その結果、パワーアップ型群では部位による顕著な差は認められなかったが、バルクアップ型群では上部と下部が中央部より大きく発達する傾向にあった。また、大腿四頭筋を構成する各筋の断面積の増加率を部位間で比較した。その結果、パワーアップ型群では、外側広筋と中間広筋には部位による顕著な差は認められなかったが、内側広筋は上部、大腿直筋は下部が大きく発達する傾向にあった。また、バルクアッ

ブ型群では外側広筋は上部と下部, 中間広筋と大腿直筋は中央部と下部, 内側広筋は上部が大きく発達する傾向にあった。Narici ら¹⁸⁾は, 60日間の膝伸展運動による等速性筋力トレーニングによって, 大腿四頭筋全体の筋断面積の増加率は上部ほど高いが, 筋によって増加する部位はかなり異なっていることを示した。後者の結果は本研究の結果と同じであるが, 本研究では, 筋によって増加する部位が異なる原因を明示することはできない。今後, 膝伸展運動における一関節筋および二関節筋に対する負荷のかかり方の相違などに関連づけて検討することが必要であろう。また, 本研究では, 四つの筋のうちのどの筋が最も発達するかについては, 上述のように発達する部位が筋によってかなり異っていたので, 明確な結果を得ることはできなかった。今後, 筋量³⁾などを求めて比較することが必要である。

一方, 本研究では, 8週間のトレーニング終了後に, 無氣的持久力の指標として用いた連続50回にわたる等速性平均膝伸展力の増加率は, 実測値および筋断面積あたりの相対値ともに, バルクアップ型群がパワーアップ型群より有意に高い値を示した。また, 50回の試行中のピークトルクの低下のしかたをみると, パワーアップ型群ではトレーニング前後で顕著な差はみられなかったが, バルクアップ型群ではトレーニングが進むにつれて低下のしかたが小さくなることが認められた。これらの結果は, セット間の休息時間がパワーアップ型群では長く(レベティション法), バルクアップ型群では短い(インターバル法)ことを考慮すれば十分に理解できることである。なお, 著者ら⁴⁾は, 両群の1回のトレーニング中における血中乳酸濃度を比較した結果, バルクアップ型群はパワーアップ型群より高いことを認めている。このことは, バルクアップ型手段は無氣的な負荷が高く, 耐乳酸性能力の向上などに有効であることを示すものである。しかし, 等速性平均膝伸展力の増大には, 毛細血管の発達による有氣的能力の向上なども考えられるので, 今後このことも含めてさらに検討することが必要である。

本研究では, パワーアップ型手段はおもに筋

力・無氣的パワーの増大に, バルクアップ型手段はおもに筋肥大および無氣的持久力の増大にそれぞれ有効であることが認められた。これらの結果は, 一般に用いられている両トレーニング手段の特性を実験的に証明したものであるといえよう。したがって, 本研究の結果をもとにすると, 筋力トレーニングでは, 特性の異なるパワーアップ型手段とバルクアップ型手段を, 各人の目的に即して適切に使い分けることが重要であると考えられる。

V. 要 約

本研究では, 筋力トレーニングにおける一般的な手段であるパワーアップ型手段とバルクアップ型手段の筋の形態および機能の面からみたトレーニング効果の相違を, 膝伸展運動による週2回, 8週間のトレーニング実験を通して比較検討した。被検者には, 健康な一般成人男子11名を用いた。パワーアップ型群(5名)には, 1RMの90%の負荷で5セット行わせた。セット間には3分間の休息をとらせた(レベティション法)。一方, バルクアップ型群(6名)には, 1RMの80~40%の負荷で9セット行わせた。セット間には30秒~3分間の休息をとらせた(インターバル法・マルチパウンデッジ法)。

おもな結果は次の通りである。

1. 大腿四頭筋全体および大腿四頭筋を構成する各筋の筋断面積の増加率は, いずれもバルクアップ型群がパワーアップ型群より有意に高い値を示した。

2. 1RM, 等尺性最大膝伸展力および等速性最大膝伸展力(角速度, $60 \cdot 180 \cdot 300 \text{ deg/sec}$)の増加率は, 実測値および筋断面積あたりの相対値ともに, パワーアップ型群がバルクアップ型群より高い値を示した。このうち, 1RMの実測値, 60 deg/sec の角速度による等速性最大膝伸展力の実測値を除くすべての項目に有意差が認められた。

3. 等速性平均膝伸展力(角速度, 180 deg/sec ; 試行回数, 50回)の増加率は, 実測値および筋断面積あたりの相対値ともに, バルクアップ型群が

パワーアップ型群より有意に高い値を示した。また、連続50回にわたる等速性膝伸展力の低下率は、トレーニングが進むにつれてバルクアップ型群では小さくなるのに対して、パワーアップ型群では顕著な変化は認められなかった。

上述の結果は、パワーアップ型手段はおもに筋力・無氣的パワーの増大に、バルクアップ型手段はおもに筋肥大および無氣的持久力の増大にそれぞれ有効であることを示すものである。これらの結果は、筋力トレーニングでは、特性の異なるパワーアップ型手段とバルクアップ型手段を、各人の目的に即して適切に使い分けることが重要であることを示唆するものである。

謝 辞

本稿を終えるにあたって、ご指導をいただきました筑波大学体育科学系・勝田 茂教授に感謝の意を表します。

注1) 本研究で用いた「パワーアップ型手段」と「バルクアップ型手段」は学術用語として確立されていないので、用語については今後さらに検討することが必要である。

(受理日 平成9年9月30日)

文 献

- 1) Abernethy, P. J., Jurimae, J., Logan, P. A., Taylor, A. W. and Thayer, R. E. Acute and chronic response of skeletal muscle to resistance exercise. *Sports Med.*, (1994), **17**, 22-38.
- 2) Antonio, J. and Gonyea, W. J. Progressive stretch overload of skeletal muscle results in hypertrophy before hyperplasia. *J. Appl. Physiol.*, (1993), **75**, 1263-1271.
- 3) 秋間 広, 久野譜也, 渡辺 登, 中嶋英彦, 板井悠二, 勝田 茂. 中強度 (60% $\dot{V}O_{2max}$) 持久性トレーニングにともなうヒトの大腿部における筋の形態的特性および脚筋力の変化. *体力科学*, (1995), **44**, 365-374.
- 4) 崔 鳥淵, 高松 薫. パワーアップ型とバルクアップ型の筋力トレーニング手段の特性について. *体力科学*, (1995), **44**, 700.
- 5) Fleck, S. J. and Kraemer, W. J. Designing resistance training programs : Resistance Training Systems. *Human Kinetics, Champaign.*, (1997), 117-130.
- 6) 福永哲夫. ヒトの絶対筋力—超音波による体肢組成・筋力の分析—, 初版, 絶対筋力におよぼす筋力トレーニングの影響, 杏林書店, 東京, (1978), 182-227.
- 7) Fukunaga, T., Roy, R. R., Shellock, F. G., Hodgson, J. A. and Edgerton, V. R. Specific tension of human plantar flexors and dorsiflexors. *J. Appl. Physiol.*, (1996), **80**, 158-165.
- 8) Gonyea, W. J. Role of exercise in inducing increases in skeletal muscle fiber number. *J. Appl. Physiol.*, (1980), **48**, 421-426.
- 9) Hisaeda, H., Miyagawa, K., Kuno, S., Fukunaga, T. and Muraoka, I. Influence of two different modes of resistance training in female subjects. *Ergonomics.*, (1996), **39**, 842-852.
- 10) Jones, D. A., Rutherford, O. M. and Parker, D. F. Physiological changes in skeletal muscle as a result of strength training. *Quart. J. Exp. Physiol.*, (1989), **74**, 233-256.
- 11) 小山裕史. 新トレーニング革命, 新訂版, 限らない発達を求めて, 講談社, 東京, (1994), 354-373.
- 12) Luthi, J. M., Howald, H., Claassen, H., Rosler, K., Vock, P. and Hoppeler, H. Structural changes in skeletal muscle tissue with heavy-resistance exercise. *Int. J. Sports Med.*, (1986), **7**, 123-127.
- 13) MacDougall, J. D., Sale, D. G., Elder, G. C. B. and Sutton, J. R. Muscle ultrastructural characteristics of elite powerlifters and bodybuilders. *Eur. J. Appl.*, (1982), **48**, 117-126.
- 14) Mikesky, A. E., Giddings, C. J., Matthews, W. and Gonyea, W. J. Changes in muscle fiber size and composition in response to heavy-resistance exercise. *Med. Sci. Sports Exerc.*, (1991), **23**, 1042-1049.
- 15) Milner-Brown, H. S., Stein, R. B. and Lee, R. G. Synchronization of human motor units: Possible roles of exercise and supraspinal reflexes. *Electroencephalogr. Clin. Neurophysiol.*, (1975), **38**, 245-254.
- 16) 森谷敏夫. 運動単位の増強とインパルス発射頻度様相. *Jpn. J. Sport Sci.*, (1989), **8**, 668-676.
- 17) Moritani, T. and DeVries, H. A. Neural factors versus hypertrophy in the time course of muscle strength gain. *Am. J. Phys. Med.*, (1979), **58**, 115-130.
- 18) Narici, M. V., Roi, G. S., Landoni, L., Minetti, A. E. and Cerretelli, P. Changes in force, cross-sectional area and neural activation during strength training and detraining of the human quadriceps. *Eur. J. Appl. Physiol.*, (1989), **59**, 310-319.
- 19) Roman, W. J., Fleckenstein, J., Stray-Gundersen, J., Alway, S. E., Peshock, R. and Gonyea, W. J. Adaptations in the elbow flexors of elderly males after heavy-resistance training. *J. Appl. Physiol.*, (1993), **74**, 750-754.
- 20) 高松 薫. パワーアップ型とバルクアップ型の筋力トレーニング. *臨床スポーツ医学*, (1991), **8**, 753-760.
- 21) Young, A. Stokes, M., Round, J. M. and Edwards, R. H. T. The effect of high resistance training on strength and cross-sectional area of the human quadriceps. *Eur. J. Clin. Invest.*, (1983), **13**, 411-417.