

[原 著]

伸張性および短縮性トレーニングが肘屈筋群のパワー発揮能力に与える影響

藤原豊樹*・伊藤雅充*・志沢邦夫*・浅見俊雄**

(2004年10月29日受付, 2004年12月20日受理)

Effects of Eccentric and Concentric Trainings on

Power Production of Elbow Flexor Muscles

Toyoki FUJIWARA, Masamitsu ITO, Kunio SHIZAWA and Toshio ASAMI

The purposes of the present study were to determine whether high-load training would increase power production and to compare the effects of pure eccentric and concentric training regimens on power production capacity. The subjects were twelve healthy male college students, who were divided into 2 groups; *i.e.*, pure concentric training group (CG) and pure eccentric training group (EG). The training lasted 8 weeks. Pre- and post-training, one repetition maximum (1 RM), torque-angular velocity relationship by the after-loaded method were obtained. The power was calculated from torques and angular velocities. 1 RM, maximum isometric torque and maximum power output were significantly increased in the both groups, while no differences were found in the changes in these parameters. Maximum elbow flexion velocity and the optimal velocity for power production were significantly increased only in EG, while there was a significant increase in the optimum torque for power production of CG. The optimal relative load or velocity for power production was approximately 35% and there were no differences in these parameters between pre and post. These results indicate that the high-load training will be served as a good training for power production. The force factor would be increased by EG and CG, and the velocity factor would be increased by only EG, while there was no significant difference in power gain between CG and EG.

Key words: Eccentric, Concentric, Training, Torque, Angular velocity, Power

キーワード: 伸張性, 短縮性, トレーニング, トルク, 角速度, パワー

I. 緒 言

パワー発揮能力は様々なスポーツ種目のパフォーマンスを決定する重要な要因の一つであり^{2,3,9,12,18,26}, パワー発揮能力の向上を目指したレジスタンストレーニングが頻繁に行われている。パワーは単位時間当たりになされる仕事量として定義される。また、パワーは力と速度の積でもあるため、パワー発揮能力について考えるときには力と速

度の2要素について考慮する必要がある。筋が発揮する力と速度は、互いに影響し合っていることは周知の事実である。より大きな力を発揮しようとすればその活動速度は小さくなり、逆に活動速度が速くなればなるほど発揮される力は小さくなる。したがって発揮する力が大きすぎても、活動速度が速すぎても、発揮されるパワーは小さくなり、パワーが最大となる至適な力や速度が存在することにな

* 日本体育大学, ** 国立スポーツ科学センター

る³⁰⁾。先行研究によれば、パワーが最大となるのは最大等尺性筋力の 30%^{8, 33)}、1回最大挙上重量(1 RM)の 30~45% である^{12, 16, 25, 27)}。

パワー発揮能力向上を目的としたレジスタンストレーニングについても多くの研究が取り上げており、なかでも効果があるとされているのが高負荷トレーニングとバリスティックトレーニングである。トレーニングの特異性の原則からすれば、最大パワーが発揮される付近の負荷を用いて大きなパワーを発揮するバリスティックトレーニングがパワートレーニングとして最も有効であるように考えられる。しかしながら、いくつかの先行研究によれば高負荷トレーニングによってもパワーが増加することが報告されている^{1, 7, 11, 33)}。

本研究の目的は、高負荷トレーニングがパワー発揮能力を向上させる可能性を再検証することにある。さらに、高負荷トレーニングとして“純粋な”伸張性トレーニングと短縮性トレーニングの比較を行ったものはほとんど見かけられず、本研究では、肘屈筋群の純粋な伸張性トレーニングと短縮性トレーニングのパワー発揮能力に対する効果を比較することも目的とした。

表1 トレーニング前の被験者の身体的特性と1 RM

	身長 (cm)	体重 (kg)	1 RM (kg)
CG	171.3±5.1	65.5±9.5	15.2±2.3
EG	171.3±3.6	64.6±3.4	14.7±2.4

II. 方 法

A. 被験者

被験者は健康な大学男子学生 12 名であった。被験者を伸張性トレーニング群(EG; $n=6$)、短縮性トレーニング群(CG; $n=6$)に編成した。表1に被験者の身体的特性(平均値±標準偏差)を示した。トレーニング群編成にあたっては体重と1回最大挙上重量(1 RM)に有意差がないように留意した。被験者にはあらかじめ本実験の目的、方法、ならびに本実験に伴うリスクファクター等の十分な説明を行い、本実験に参加する同意を得た。また、本研究は日本体育大学倫理委員会の承認を受けている。

B. 測定項目および手順

1. 1 RM

フリーウェイトダンベルを使用して、1回挙上最大重量(1 RM)を測定した。被験者は立位姿勢で上腕を床に対し垂直に保ち、肘関節を完全伸展した状態(0°)でダンベルを持ち、矢状面上で肘屈曲動作を行った。軽い負荷から始め、徐々に負荷重量を増やしていき、最終的に1回しか挙上できない重量を確認し、その重量を1 RMとした。各試行間には十分な休息をとり、肘屈曲運動を行う際には立位姿勢および肘の位置が維持されるよう検者が十分注意して行わせた。

2. トルク、角速度、パワーの測定

トルク-角速度関係の測定には腕エルゴメーターを使用した(図1)。被験者の手首に張力トランスデューサ付きのカフを装着し、チェーンと滑車を介して錘台につないだ。滑車部分にロータリーエンコーダを設置し、滑車の回転数を検出した。張力ト

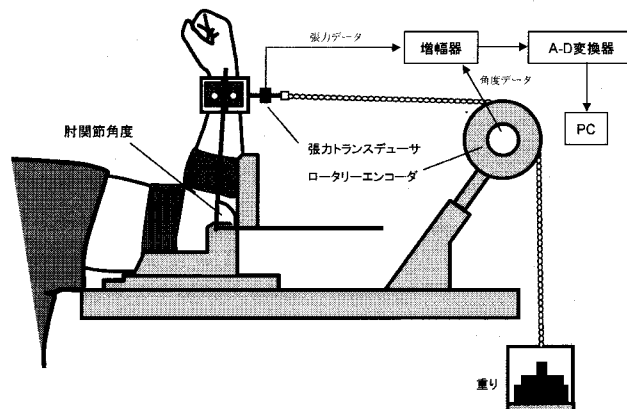


図1 トルク-角速度関係の実験設定

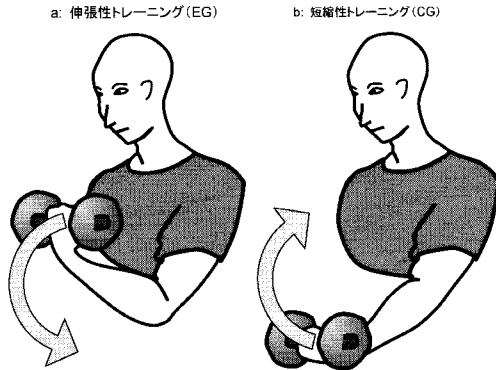


図2 トレーニング方法

ランスデューサとロータリーエンコーダからの電圧情報は増幅器、A-D変換装置を介してパーソナルコンピュータに2,000 Hzで記録した。

被験者を椅子に座らせ、装置の回転中心と肘関節の回転中心を視覚的に合わせた。肘関節角度を 80° にしたときに、滑車と張力ランスデューサまでのチェーンが水平になるように、滑車の支柱の高さを調節した。可動範囲は 40° から 130° に設定した。被験者は無負荷の状態では関節角度 40° と 130° でそれぞれ3秒静止し、関節角度の校正を行った。数種の負荷を設定（負荷数は9～14種）し、それぞれの負荷で被験者は全力で肘屈曲動作を行った。試行間には疲労の影響を最小限にするために2分以上の休息をとった。

得られた角速度および張力の波形から、動作初期と終盤の慣性の影響が大きく表れる領域を除き、角速度と張力がほぼ一定になっている範囲の値を平均し、その負荷での張力と角速度の値とした。張力はアーム長を掛けることによりトルクに変換した。得られた角速度の値をトルクに対して散布図にプロットし、角速度とトルクの間関係をHillの特性方程式

$$(P+a)(V+b)=(P_0+a)b$$

で回帰した。ここで、 P はトルク、 V は角速度、 P_0 は最大等尺性トルク、 a と b は定数である。回帰にはDeltagraph Pro 3.5Jを用いた。得られた回帰式から、無負荷時の角速度の値、すなわち角速度軸の切片を最大収縮速度(V_0)として外挿法にて推定した。

得られたトルクと角速度の値を掛け合わせることでパワーを算出し、トルクに対して散布図に表

した。そして、最大パワー(P_{max})および P_{max} が出現するトルク($\tau@P_{max}$)を求め、 P_0 に対する $\tau@P_{max}$ を $\% \tau@P_{max}$ として算出した。

C. トレーニング

トレーニング期間は両グループ共に8週間で、週に3日の頻度で行った。2週間ごとに1RMの測定を行い、トレーニング負荷の再設定を行った。トレーニングの繰り返し回数は両群の1セッション中の相対的仕事量が同等になるように設定した。

EGは1RMの110%の負荷で、肘屈曲位（肘関節角度：約 120° ）から肘伸展位（肘関節角度：約 0° ）まで2秒で降ろす運動のみ（図2a）を、1セット目8回、2、3セット目は7回、計3セット行った。被験者がダンベルを肘屈曲位から肘伸展位まで降ろした後、補助者がダンベルを持ち、被験者が無負荷で肘屈曲位まで戻し、戻した時点で被験者にダンベルを与え、次の運動に移った。

CGは1RMの80%の負荷で、肘伸展位（肘関節角度：約 0° ）から肘屈曲位（肘関節角度：約 120° ）まで2秒であげる運動のみ（図2b）を、1セット10回で計3セット行った。被験者がダンベルを肘伸展位から肘屈曲位まであげた後、補助者がダンベルを持ち、被験者が無負荷で肘伸展位まで戻し、戻した時点で被験者にダンベルを与え、次の運動に移った。また両トレーニング群共に5秒に1回のリズムで、それぞれの運動を行い、セット間には2分間の休息をとった。

D. 統計処理

各測定項目の値はすべて平均値±標準偏差で示した。トレーニング前後の比較には対応のある t 検定を用いた。トレーニング前後の変化分について行った群間の有意差検定には対応のない t 検定を用いた。

III. 結 果

A. 1RMの結果

8週間のフリーウェイトダンベルを用いて行われたレジスタンストレーニングによって肘屈曲の1RMが両トレーニング群で有意に増加し($p < 0.01$)、その増加率はCGが $29.7 \pm 17.1\%$ 、EGが $33.9 \pm 15.7\%$ であった（表2）。しかしながら、トレーニング前後の変化分には両群間に有意な差は認められなかった（表3）。

表2 トレーニング前 (pre) 後 (post) の測定結果

	1 RM (kg)		P_0 (Nm)		V_0 (deg/s)	
	pre	post	pre	post	pre	post
CG	15.2±2.3	19.4±1.7**	68.4±11.3	75.5±9.3**	1,249±362	1,174±190
EG	14.7±2.4	19.4±2.3**	67.9±12.6	74.7±15.9**	1,004±208	1,297±327*
	P_{max} (Nm·deg/s)		$\tau@P_{max}$ (Nm)		$V@P_{max}$ (deg/s)	
	pre	post	pre	post	pre	post
CG	10,233±2,902	12,203±3,282**	23.9±4.0	27.9±3.8**	428±96	433±76
EG	8,828±2,192	11,405±2,996**	24.7±5.6	25.7±5.2	358±41	441±52**
	$\% \tau@P_{max}$ (%)		$\% V@P_{max}$ (%)			
	pre	post	pre	post	pre	post
CG			35.0±3.2	36.8±1.6	35.1±3.2	36.9±1.7
EG			36.4±4.4	34.7±5.2	36.4±4.3	35.1±6.0

** トレーニング前 (pre) 後 (post) 間に有意差あり ($p < 0.01$)

* トレーニング前 (pre) 後 (post) 間に有意差あり ($p < 0.05$)

表3 各測定項目のトレーニング前後の変化分

	$\Delta 1$ RM (kg)	ΔP_0 (Nm)	ΔV_0 (deg/s)	ΔP_{max} (Nm·deg/s)
CG	4.3±1.8	7.1±9.3	-74.8±198.1	1,971±911
EG	4.8±1.5	6.9±7.0	293.4±270.7*	2,577±1,172
	$\Delta \tau@P_{max}$ (Nm)	$\Delta \% \tau@P_{max}$ (%)	$\Delta V@P_{max}$ (deg/s)	$\Delta \% V@P_{max}$ (%)
CG	4.0±2.3	1.8±3.7	5±83	1.8±3.8
EG	0.9±2.6	-1.7±4.6	83±35**	-1.3±5.2

** 群間に有意差あり ($p < 0.01$)

* 群間に有意差あり ($p < 0.05$)

B. 角速度-トルク-パワー関係

後加重法¹⁶⁾を用いて測定した角速度とトルクの関係の典型例を図3に示した。●で示されたそれぞれの点が数種の負荷に対して発揮されたトルクと角速度の関係を表している。トルクと角速度の関係をHillの方程式を用いて回帰したが、回帰式の r 値はトレーニング前が 0.975 ± 0.015 、トレーニング後が 0.979 ± 0.018 と非常に高く、得られた回帰式は実験により得られたデータをよく表しているといえる。この回帰式から求めた最大等尺性トルク(P_0)、最大収縮速度(V_0)のトレーニング前後の値を表2に示した。 P_0 は両群ともにトレーニングにより有意な増加を示したが、1RMの結果と同様にトレーニング前後の変化分には両群間に有意な差は認められなかった(表3)。一方、 V_0 にはEGにのみ有意な

増加($p < 0.05$)が認められた。

得られた角速度-トルク関係の回帰式から、パワー-トルク関係を求めた(図3)。図4にはパワー-トルク関係を、図5にはパワー-相対トルク関係を示した。標準偏差は相対トルクで5%ごとに表示した。パワー-トルク関係からパワーの最大値である P_{max} 、 P_{max} が出現するトルクである $\tau@P_{max}$ と速度 $V@P_{max}$ を算出した(表2)。さらには P_0 を100%としたときの $\tau@P_{max}$ の率を $\% \tau@P_0$ 、 V_0 を100%としたときの $V@P_{max}$ を $\% V@P_{max}$ として算出した。 P_{max} は両群ともに有意に増加し($p < 0.01$)、その増加率はCGが $19.8 \pm 9.7\%$ 、EGが $29.0 \pm 11.0\%$ であったが、変化分には両群間に有意な差は認められなかった(表3)。 $\tau@P_{max}$ にはCGのみに有意な変化が認められたが($p < 0.01$)、 $\% \tau@P_{max}$ では両群

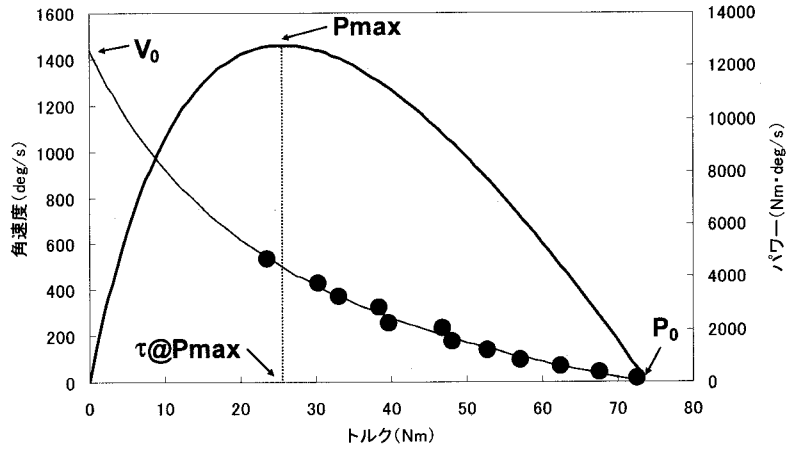


図3 角速度-トルク-パワー関係の典型例 ($n=1$)

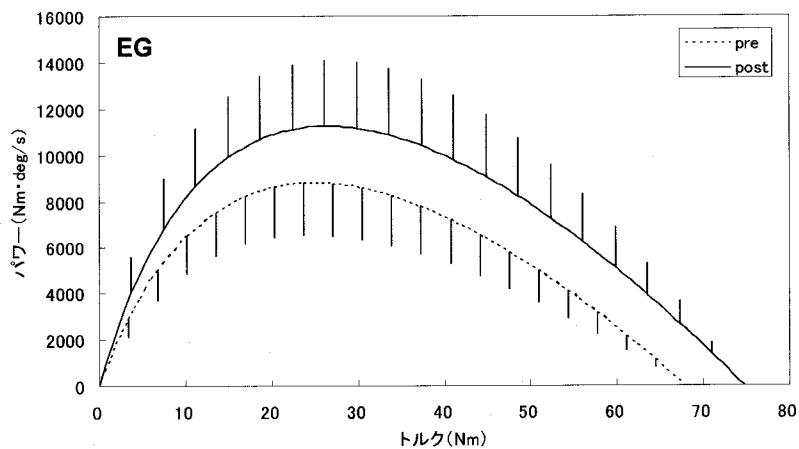
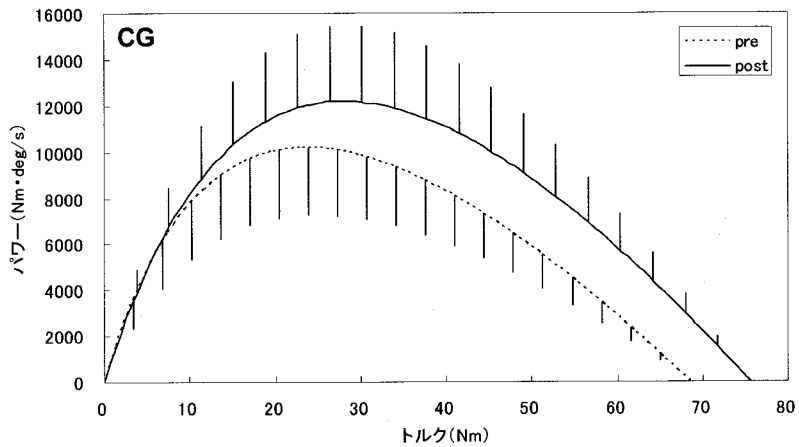


図4 トレーニング前後のパワー-トルク関係 (上段: 短縮性トレーニング群, 下段: 伸張性トレーニング群)

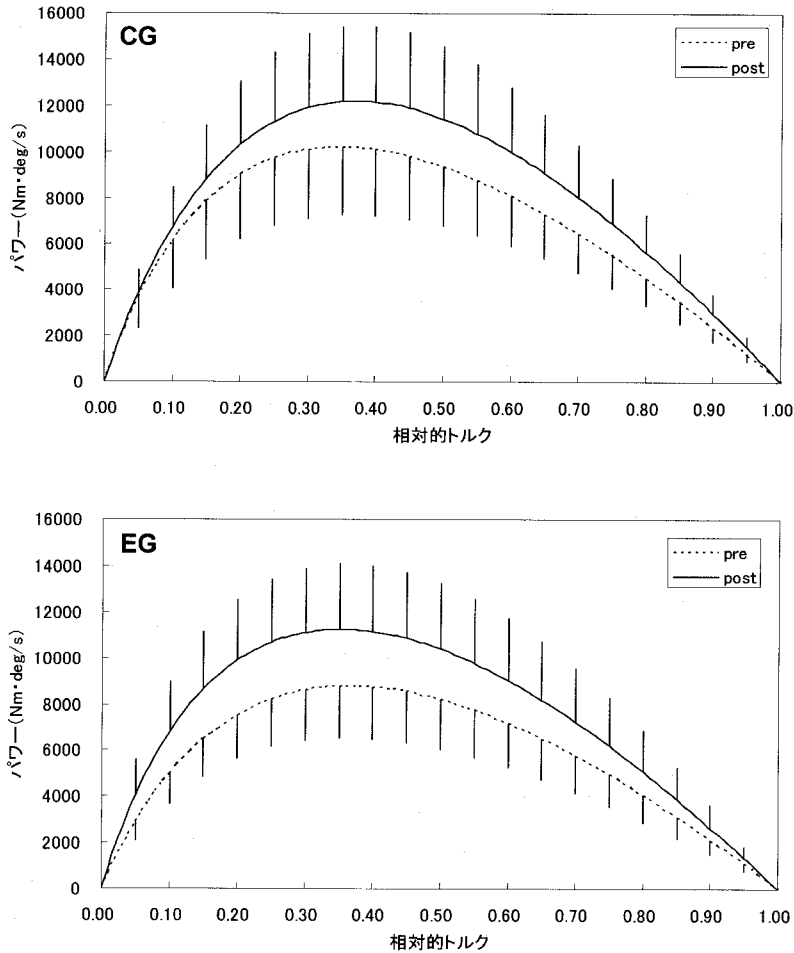


図5 トレーニング前後のパワー-相対的トルク関係 (上段: 短縮性トレーニング群, 下段: 伸張性トレーニング群)

ともに有意な変化は認められなかった。 $V@P_{max}$ にはEGのみに有意な増加が認められたが($p < 0.01$), $\%V@P_{max}$ には両群ともに有意な変化は認められなかった。最大パワーが出現するのは P_0 および V_0 の約35%であり, トレーニングによっては変化しなかった。

IV. 論 議

パワー発揮能力は様々なスポーツ競技のパフォーマンスを決定する重要な因子である^{2,3,9,12,18,26}。パワーは「発揮される力」と「その力が発揮される速度」の積であるため, パワー発揮能力について考える際にはこの二つの要因の両方に留意する必要がある。筋の発揮できる力と速度の間には独特の関係があることが以前から言われてきた。すなわち, 力

発揮の速度が小さいところでは発揮できる力が大きく, 速度が速くなるにつれて発揮できる力が小さくなるという力-速度関係が存在する。この関係は直角双曲線で表すことができるとされてきた。したがって, 力と速度の積であるパワーは力-速度関係の影響を大きく受けることになる。力-速度関係から最大筋力が発揮されるのは活動速度が0のときであることから, 最大筋力発揮時のパワーも0(最大筋力 \times 0)となる。逆に(理論的にはあるが), 力が0のときに活動速度が最大となりパワーは0となる。すなわち, ある力と速度の組み合わせのときにパワーが最大となり, それよりも力が大きくても小さくても発揮されるパワーは小さくなる。先行研究によれば, パワーが最大となるのは単関節動作では最大筋力の30~45%^{16,25}, 多関節動作では

10~70%であるとされている^{4, 5, 13, 14, 22, 27, 28, 30, 32})。本研究では $\% \tau @ P_{\max}$ として最大パワーが出現するトルクを最大等尺性トルク P_0 の百分率で表したが、CGがトレーニング前後で 35.0 ± 3.2 , $36.8 \pm 1.6\%$, EGが 36.4 ± 4.4 , $34.7 \pm 5.2\%$ であり、先行研究の単関節動作の場合と同様の結果であった。

Stoneら³¹⁾の研究では筋力レベルの高い被験者は1RMの40%でスクワットジャンプの最大パワーを発揮したのに対し、筋力レベルの低い被験者は1RMの10%であった。DuchateauとHainaut⁷⁾は3カ月の拇指内転筋の等尺性トレーニングにより至適負荷が35%から41%に増加したと報告している。これらの先行研究から、トレーニングにより最大パワーが出現する至適負荷が増加する可能性が示唆されるが、本研究では $\% \tau @ P_{\max}$ にはトレーニング前後で有意な変化は認められなかった。トレーニングの様式や負荷設定、被験者のトレーナビリティなどにより結果が異なったことも考えられ、この点についてはさらなる研究が必要であろう。

発揮能力向上を狙ったトレーニングとして、高負荷でのレジスタンストレーニングとパワー発揮が最大となる付近の負荷を用いてトレーニングを行うものが報告されている^{4, 7, 10~12, 23, 29, 33})。トレーニングの特異性の原則から考えれば、最大パワー発揮能力を向上させるためには最大パワーが発揮される付近の負荷(最大筋力の30~45%)を用いてトレーニングを行うのが適した方法であると考えられる。高負荷のレジスタンストレーニングとは80%以上の負荷を用いるようなトレーニングである。高負荷のレジスタンストレーニングでは、力-速度関係の力の要素に特異的に働きかけることが可能である。最大筋力の増加は力-速度曲線の力軸との切片を増加させることを意味し、それに伴いそれぞれの速度で発揮される力が大きくなり、結果としてパワーが増加する。本研究で用いたトレーニング負荷はCGが1RMの80%負荷、EGが1RMの110%負荷であり、高負荷のレジスタンストレーニングに属するものであった。本研究のトレーニングにより両群共に1RMと P_0 の両方が有意に増加し、本研究で行ったトレーニングは最大筋力を増加させるのに有効であったといえる。そして、最大パワーもCGが $19.8 \pm 9.7\%$, EGが $29.0 \pm 11.0\%$ の有意な増加を示しており、最大パワー発揮能力向上に有効なトレ

ニングであったともいえる。先行研究では短縮性トレーニングと伸張性トレーニングのトレーニング効果を比較した結果、二つのトレーニング様式に有意な差を示す結果は得られなかったという報告がされている^{6, 15, 20})。本研究でも筋力の増加はCGとEGの間で有意な差は認められなかったため、先行研究の結果を支持する結果となった。

高負荷のレジスタンストレーニングでは最大筋力を増加させることにより最大パワーを発揮させることが可能であることが本研究でも確かめられた。速度の要素についてみるとEGの V_0 がトレーニング後有意に増加したが、CGにはこのような結果は認められなかった。また、 $V @ P_{\max}$ についてみると、EGにのみ有意な増加が観察され、より速い速度でより大きなパワーが発揮できるようになった。トレーニング速度は両群ともに2秒/回であった。したがって、トレーニング速度が V_0 の結果に影響を及ぼしたとは考えにくい。Martinら²¹⁾は4週間の肘関節屈筋群の伸張性トレーニングを行うことにより最大収縮速度が増加したと報告している。最大収縮速度に影響するのは筋もしくは筋線維の長さであるが、トレーニングにより筋の長さが変わるとは考えにくい。Morganら²⁴⁾は伸張性トレーニングを行うことにより、筋線維内に直列に並ぶ筋節数が増加することを報告している。本研究においても直列筋節数が増加していたとすれば、最大収縮速度の増加も説明可能である。しかしながら、逆に伸張性トレーニングによって直列筋節数は増加しないとする報告(KohとHerzog¹⁹⁾)もあり、本研究で観察された V_0 の増加の原因については今後の検討課題といえる。

今回の結果により、高負荷のレジスタンストレーニングによっても力の要素が増加することによってパワー発揮能力向上が向上することが確かめられた。CGとEGには最大パワーの増加量に差は認められず同等のトレーニング効果があったといえる。しかし、EGでは P_0 以外にも V_0 と $V @ P_{\max}$ が有意に増加しており、速度と力のパワーの2要素両方に働きかけができることが示された。概して、高負荷を用いた短縮性トレーニングは力の要素に働きかけることにより最大パワーが増大し、伸張性トレーニングは力と速度の両要素に働きかけることにより最大パワーを増大させることが可能であるといえる。

V. 結 論

本研究では、高負荷トレーニングがパワー発揮能力を向上させることができるのかを再検証すること、高負荷トレーニングとして“純粋な”伸張性トレーニングと短縮性トレーニングのパワー発揮能力に対する効果を比較することも目的として8週間の肘屈筋群レジスタンストレーニングを行った。その結果は以下のように要約される。

- 1 RM は両群共に増加し、その変化分には群間に差は認められなかった。
- P_0 は両群共に増加したが、変化分には両群間に有意な差は認められなかった。
- V_0 は EG のみ増加した。
- P_{max} は両群共に増加したが、変化分には両群間に差は認められなかった。
- $\tau@P_{max}$ は CG のみ有意な変化が認められたが、 $\% \tau@P_{max}$ は両群共に有意な変化は認められなかった。
- $V@P_{max}$ は EG のみ有意な変化が認められたが、 $\% V@P_{max}$ は両群共に有意な変化は認められなかった。
- 最大パワーが出現するのは P_0 および V_0 の約 35% であり、トレーニングによっては変化しなかった。

以上のことから、高負荷トレーニングによりパワー発揮能力は向上することが確認された。概して、高負荷を用いた短縮性トレーニングは力の要素に働きかけることにより最大パワーが増大し、伸張性トレーニングは力と速度の両要素に働きかけることにより最大パワーを増大させることが可能であるといえる。

参考文献

- 1) Adams, K., J. P. O'Shea, K. L. O'Shea, and M. Climstein: The effect of six weeks of squat, plyometric and squat-plyometric training on power production. *J. Appl. Sport Sci. Res.*, **6**, 36-41 (1992).
- 2) Baker, D.: A series of studies on the training of high-intensity muscle power in rugby league football players. *J. Strength Cond. Res.*, **15**, 198-209 (2001).
- 3) Baker, D.: Comparison of upper-body strength and power between professional and college-aged rugby league players. *J. Strength Cond. Res.*, **15**, 30-35 (2001).
- 4) Baker, D., S. Nance and M. Moore: The load that maximizes the average mechanical power output during jump squats in power-trained athletes. *J. Strength Cond. Res.*, **15**, 92-97 (2001).
- 5) Baker, D., S. Nance and M. Moore: The load that maximizes the average mechanical power output during explosive bench throws in highly trained athletes. *J. Strength Cond. Res.*, **15**, 20-24 (2001).
- 6) Bonde-Petersen, F.: Muscle training by static, concentric and eccentric contractions. *Acta Physiol. Scand.*, **48**, 406-416 (1960).
- 7) Duchateau, J. and K. Hainaut: Isometric or dynamic training: Differential effects on mechanical properties of a human muscle. *J. Appl. Physiol.*, **56**, 296-301 (1984).
- 8) Faulkner, J. A., D. R. Claffin and K. K. McCully: Power output of fast and slow fibers from human skeletal muscles. In: *Human Muscle Power*. N. L. Jones, N. M. McCartney and A. J. McComas, eds., Champaign, IL: Human Kinetics, 1986, pp. 81-94.
- 9) Haff, G. G., A. Whitley and J. A. Potteiger: A brief review: Explosive exercises and sports performance. *Strength Cond. J.*, **23**, 13-20 (2001).
- 10) Hakkinen, K. and P. V. Komi: Effect of explosive type strength training on electromyographic and force production characteristics of leg extensor muscles during concentric and various stretch-shortening cycle exercises. *Scand. J. Sports Sci.*, **7**, 65-76 (1985).
- 11) Hakkinen, K. and P. V. Komi: Changes in electrical and mechanical behavior of leg extensor muscles during heavy resistance strength training. *Scand. J. Sports Sci.*, **7**, 55-64 (1985).
- 12) Harris, G. R., M. H. Stone, H. S. O'Bryant, C. M. Proulx and R. L. Hohnson: Short-term performance effects of high power, high force, or combined weight-training methods. *J. Strength Cond. Res.*, **14**, 14-20 (2000).
- 13) Izquierdo, M., K. Hakkinen, A. Anton, M. Garrues, J. Ibanez, M. Ruesta and E. M. Gorostiaga: Maximal strength and power, endurance performance and serum hor-

- mones in middle-aged and elderly men. *Med. Sci. Sports Exerc.*, **33**, 1577-1587 (2001).
- 14) Izquierdo, M., K. Hakkinen, J. J. Gonzalez-Badillo, J. Ibanez and E. M. Gorostiaga: Effect of long-term training specificity on maximal strength and power of the upper and lower extremities in athletes from different sports. *Eur. J. Appl. Physiol.*, **87**, 264-271 (2002).
 - 15) Johnson, B. L., J. W. Adamczyk, K. O. Tennoe and S. B. Stromme: A comparison of concentric and eccentric muscle training. *Med. Sci. Sports*, **8**, 35-38 (1976).
 - 16) Kaneko, M., T. Fuchimoto, H. Toji and K. Sueti: Training effect of different loads on the force-velocity relationship and mechanical power output in human muscle. *Scand. J. Sports Sci.*, **5**, 50-55 (1983).
 - 17) 金子公有: パワーアップの科学, 朝倉書店, 1988.
 - 18) Kawamori, N. and G. G. Haff: The optimal training load for the development of muscular power. *J. Strength Cond. Res.*, **18**, 675-684 (2004).
 - 19) Koh, T. J. and W. Herzog: Eccentric training does not increase sarcomere number in rabbit dorsiflexor muscles. *J. Biomech.*, **31**, 499-501 (1998).
 - 20) Komi, P. V. and E. R. Buskirk: Effect of eccentric and concentric muscle conditioning on tension and electrical activity of human muscle. *Ergonomics*, **15**, 417-434 (1972).
 - 21) Martin, A., L. Martin and B. Morlon: Changes induced by eccentric training on force-velocity relationships of the elbow flexor muscles. *Eur. J. Appl. Physiol.*, **72**, 183-185 (1995).
 - 22) Mayhew, J. L., J. S. Ware, R. A. Johns and M. G. Bemben: Change in upper body power following heavy-resistance strength training in college men. *Int. J. Sports Med.*, **18**, 516-520 (1997).
 - 23) McBride, J. M., T. Triplett-McBride, A. Davie and R. U. Newton: The effect of heavy- vs. light-load jump squats on the development of strength, power, and speed. *J. Strength Cond. Res.*, **16**, 75-82 (2002).
 - 24) Morgan, D. L.: New insights into the behavior of muscle during active lengthening. *Biophys. J.*, **57**, 209-221 (1990).
 - 25) Moss, B. M., P. E. Refsnes, A. Ablidgaard, K. Nicolaysen and J. Jensen: Effects of maximal effort strength training with different loads on dynamic strength, cross sectional area, load-power and load-velocity relationships. *Eur. J. Appl. Physiol.*, **75**, 193-199 (1997).
 - 26) Newton, R. U. and W. J. Kraemer: Developing explosive muscular power: Implications for a mixed methods training strategy. *Strength Cond. J.*, **16**, 20-31 (1994).
 - 27) Newton, R. U., A. J. Murphy, B. J. Humphries, G. J. Wilson, W. J. Kraemer and K. Hakkinen: Influence of load and stretch shortening cycle on the kinematics, kinetics and muscle activation that occurs during explosive upper-body movements. *Eur. J. Appl. Physiol.*, **75**, 333-342 (1997).
 - 28) Rahmani, A., F. Viale, G. Dalleau and J.-R. Lacour: Force/velocity and power/velocity relationships in squat exercise. *Eur. J. Appl. Physiol.*, **84**, 227-232 (2001).
 - 29) Schmidtbleicher, D. Training for power events. In: *Strength and Power in Sport*. P. V. Komi, ed., M. A. Malden: Blackwell Scientific, 1992, pp. 381-395.
 - 30) Siegel, J. A., R. M., Gilders, R. S. Staron and F. C. Hagerman: Human muscle power output during upper- and lower-body exercises. *J. Strength Cond. Res.*, **16**, 173-178 (2002).
 - 31) Stone, M. H., H. S. O'Bryant, L. McCoy, R. Coglianese, M. Lehmkuhl and B. Shilling: Power and maximum strength relationships during performance of dynamic and static weighted jumps. *J. Strength Cond. Res.*, **17**, 140-147 (2003).
 - 32) Tomas, M., M. A. Fiatarone and R. A. Fielding: Leg power in young women: Relationship to body composition, strength, and function. *Med. Sci. Sports Exerc.*, **28**, 1321-1326 (1996).
 - 33) Wilosn, G. J., R. U. Newton, A. J. Murphy and B. J. Humphries: The optimal training load for the development of dynamic athletic performance. *Med. Sci. Sports Exerc.*, **25**, 1279-1286 (1993).