

油圧式可変速・可変抵抗機器の筋出力特性について

井口 茂¹ 中野 裕之¹ 田原 弘幸¹
加藤 章子²

要 旨 今回われわれは油圧シリンダーにて抵抗値が変化する可変速・可変抵抗運動機器を用い、その最大トルク値、%MVC値、トルク体重比、角速度、仕事量から、筋出力特性について検索したので報告する。対象は成人男性10名、平均年齢20.1±2.5歳、平均体重66.3±11.5kgであった。得られた結果は、1) 最大トルク値、%MVC値、トルク体重比は負荷が増すにつれ増加した。2) %MVC値と角速度の関係は等速度運動と類似していた。3) 仕事量は負荷レベル6で低下を示した。これらより可変速・可変抵抗運動はレベル間の負荷量の変化と、同一レベル内での負荷量の変化に特徴があり筋力トレーニングの運動負荷値を広範囲に設定できるものと考えられた。

長大医短紀要4 : 101-107, 1991

Key words : VVR, MVC, トルク体重比, 角速度

はじめに

理学療法における筋力増強訓練には等尺性収縮訓練、等張性収縮訓練、等速性収縮訓練などの方法があり、それらは筋持久力・瞬発力の向上を目的に生体の筋出力に応じて適応される。近年、筋の運動様式、また運動感覚の重要性から、等速性収縮訓練が導入され、効果を上げている。¹⁾²⁾

今回われわれは、筋力増強訓練に用いられる油圧式の可変速・可変抵抗運動 (Variable Velocity and Resistance : 以下、VVRと略) を用い、その機械的特性と生体の筋出力特性について分析したので報告する。

対象と方法

対象は健常成人男性10名で平均年齢20.1±2.5歳、平均体重66.3±11.5kgであった。測定はOG技研社製ハイドロマスキュレーターGT500を用いた。本機器の特徴は油圧シリンダーによる負荷機構と可変絞り弁の組合せにより可変速、可変抵抗となり、その負荷量を8段階に選択できるものである。測定部位は右膝関節とし、椅坐位にて体幹と大腿部をベルトで固定した。アーム長は下腿長の80%、運動範囲は0°~60°の範囲で膝関節屈曲・伸展運動を行わせた。計測に際し、膝関節60°屈曲位にて等尺性収縮をおこなわせ、屈曲・伸

1 長崎大学医療技術短期大学部理学療法学科

2 三菱重工長崎造船所病院リハビリテーション部

展の最大努力筋緊張（以下、MVCと略す）を測定した。次にVVRの負荷レベル1～8段階の運動を1回/day, 1レベルずつ行わせた。計測時間は120秒間であった。これにより得られた伸展・屈曲の到達回数, 最大トルク値, %MVC値, トルク体重比, 角速度, 仕事量について各負荷レベル間及び伸展・屈曲で比較し, 統計学的有意差を求めた。

結 果

1. MVC値及び到達回数

膝関節伸展・屈曲のMVC値の平均は, それぞれ 12.8 ± 3.9 , $10.2 \pm 2.2 \text{ kg} \cdot \text{m}$ であった。

到達回数は本機器において最大値が99回であり, 負荷レベル1において全被験者で最大値に到達した。また, 表1に示すように負荷

レベルが上がるにつれ到達回数は減少し, 特に負荷レベル6以上で減少が著しかった。

2. 最大トルク値

各負荷レベルでの最大トルクの平均値は, 伸展・屈曲ともに負荷レベルが上がるごとに増加した。(図1) その増加は負荷レベル4までは大きく, レベル5, 6では比較的少ない増加であり, レベル7, 8でさらに増加していた。各レベル間の対応のある場合の差の検定において, 伸展ではレベル1と2 ($P < 0.01$), 2と3 ($P < 0.01$), 3と4 ($P < 0.05$), 6と7 ($P < 0.01$), 7と8 ($P < 0.05$)の間で有意差が認められた。屈曲においてはレベル1と2 ($P < 0.05$), 2と3 ($P < 0.01$), 3と4 ($P < 0.05$), 7と8 ($P < 0.01$)の間で有意差が認められた。また, 各レベル間の

表1 到達回数

負荷レベル	VVR1	VVR2	VVR3	VVR4	VVR5	VVR6	VVR7	VVR8
Mean	99.0	93.8	84.1	78.2	66.8	55.6	39.5	21.6
SD	0	7.82	11.55	8.20	6.72	7.09	6.31	3.47

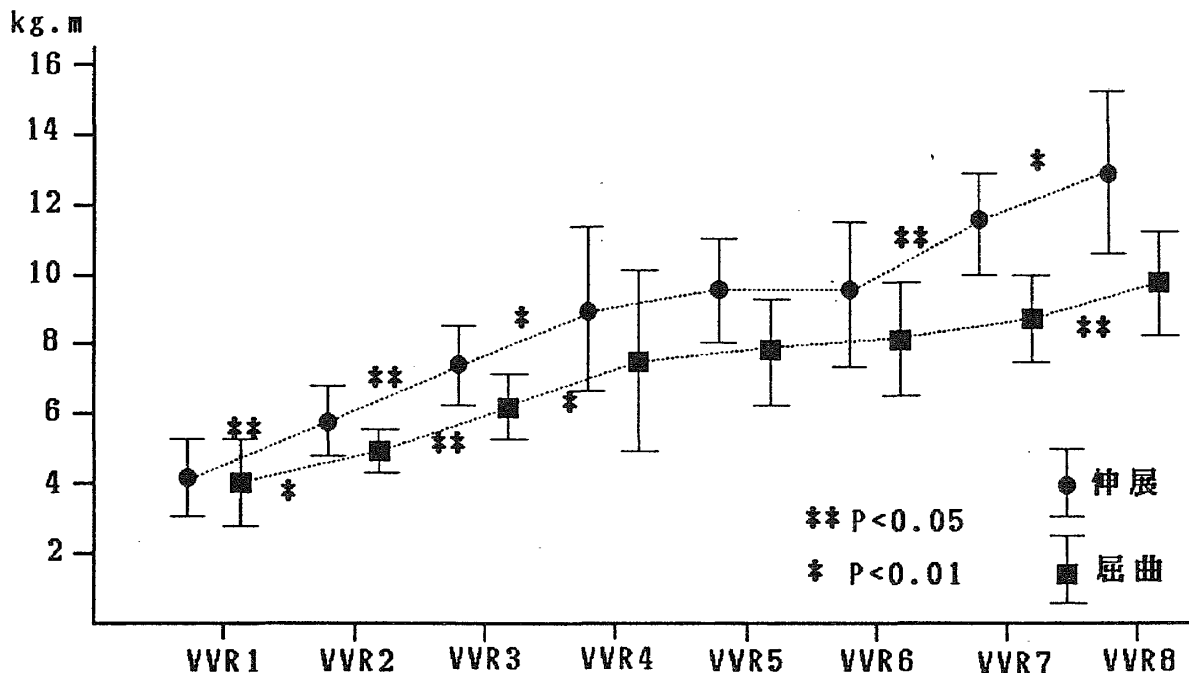


図1 最大トルク値の変化

伸展・屈曲の間では負荷レベル1・4において有意差は認められず、他のレベルでは伸展トルクが有意に大きい値を示した。

3. %MVC値

各負荷レベルの最大トルク値のMVCに占める割合を図2に示す。最大トルク値の変化と同様に負荷レベルの上昇に伴い増加していた。各レベル間の有意差は伸展でレベル1と2 ($P < 0.01$), 2と3 ($P < 0.01$), 4と5 ($P < 0.05$), 6と7 ($P < 0.05$), 7と8

($P < 0.01$) の間に、屈曲ではレベル1と2, 2と3 ($P < 0.01$), 3と4 ($P < 0.05$), 6と7 ($P < 0.05$) の間にそれぞれ認められた。

しかし、各レベルでの伸展・屈曲の間には有意差は認められなかった。

4. トルク体重比

各負荷レベルの最大トルク値の体重比を示したものが図3である。トルク体重比も負荷レベルが上がるにつれ、増加していた。各レベル間の有意差は伸展でレベル1と2 ($P <$

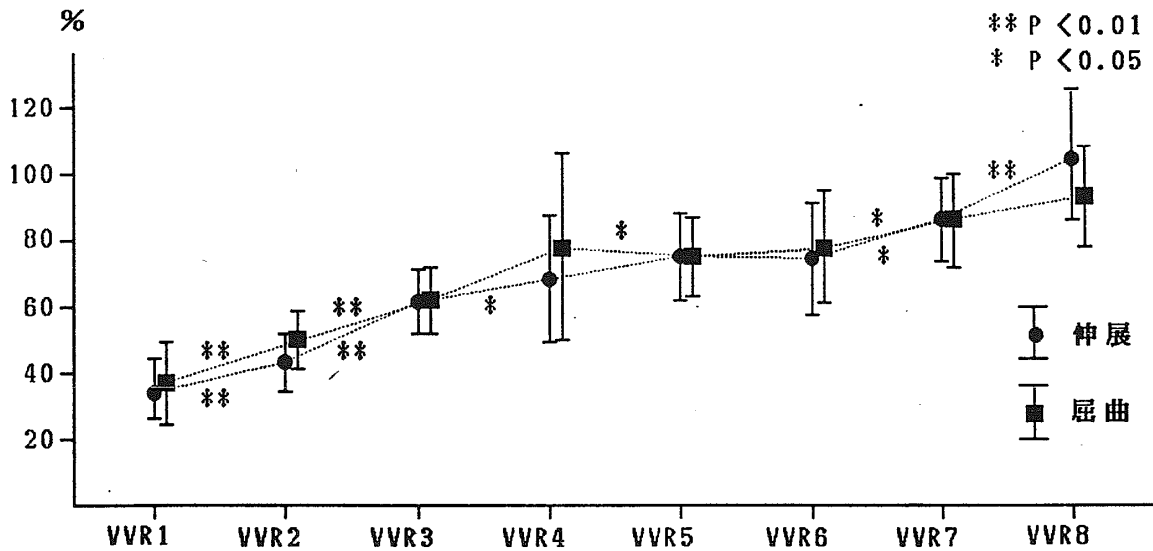


図2 %MVCの変化

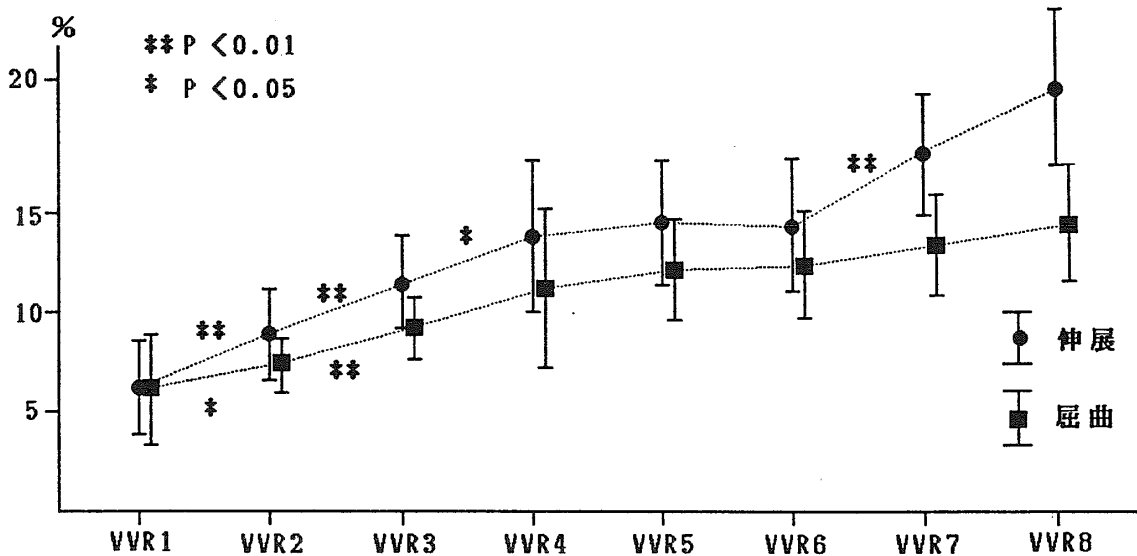


図3 トルク体重比の変化

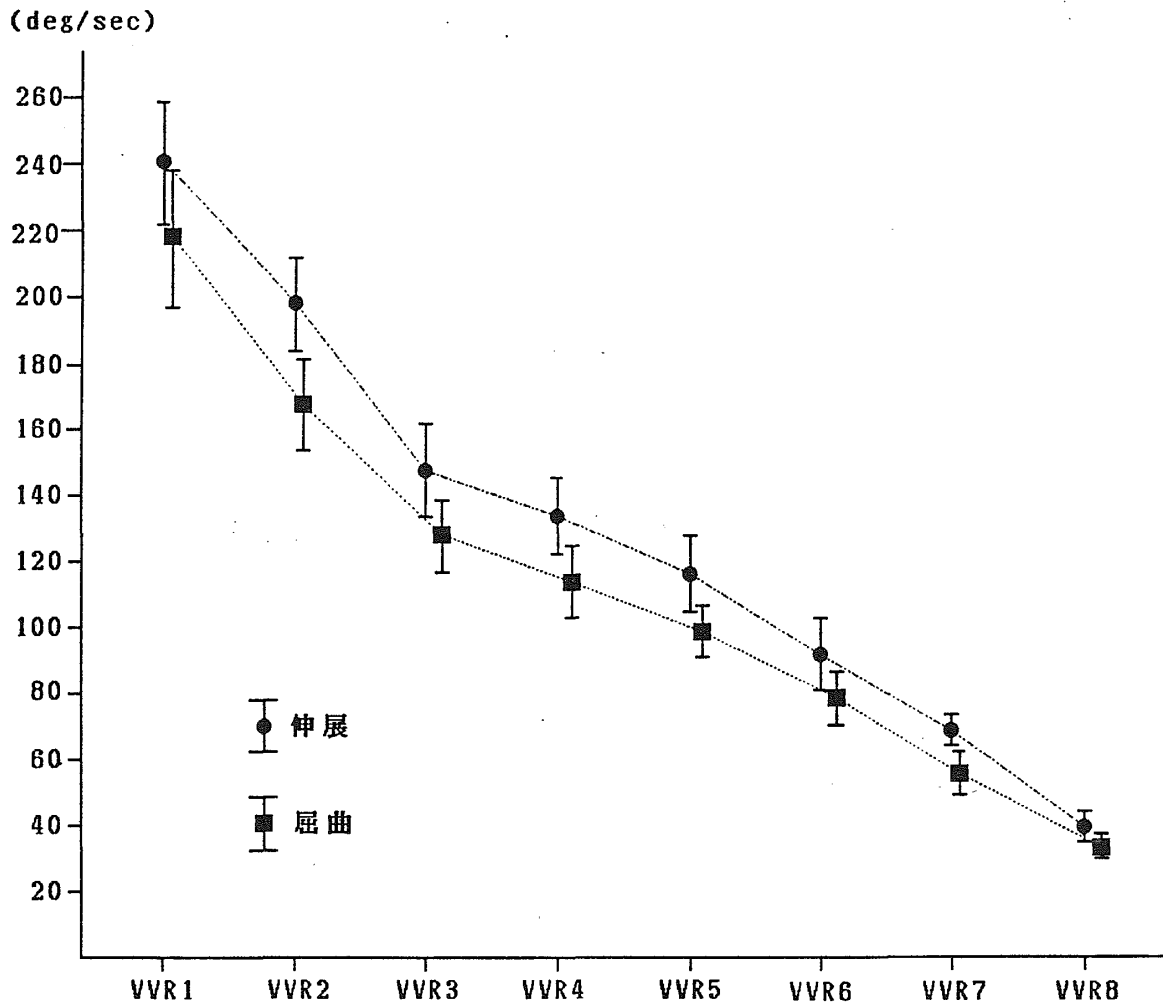


図4 角速度の変化

0.01), 2と3 ($P < 0.01$), 3と4 ($P < 0.05$), 6と7 ($P < 0.01$), 屈曲で1と2 ($P < 0.05$), 2と3 ($P < 0.01$) の間にそれぞれ認められた。また, 各レベルでの伸展・屈曲の有意差は最大トルク値と同様レベル1・4において認められないだけであった。

5. 最大角速度

各負荷レベルの角速度の変化を図4に示す。角速度は, 負荷レベル1で 241.7 ± 18.3 deg/secと最大を示し, レベル8では 38.8 ± 3.0 deg/secと負荷レベルの上昇にともない低下していた。特にレベル1~3までは著明な低下を示した。レベル間の有意差は全てにおいて $P < 0.01$ にて認められた。また, 伸展・

屈曲においては伸展の角速度が有意に高値を示した。

6. %MVCと角速度との関係

各負荷レベルの%MVC値に対応する最大角速度の平均値は図5-1に示すごとくであり, その変化は伸展・屈曲とも%MVC値の上昇により角速度は低下していた。しかし, 負荷レベル5と6において%MVC値と角速度との関係において逆転がみられた。

また, 対象者の%MVCと各速度の平均値をそれぞれプロットしてみると(図5-2・3), %MVC・角速度ともばらつきがみられ, 特に負荷レベル3~6において著しかった。

7. 仕事量

各レベルの平均仕事量は伸展・屈曲ともレベル1～5まではレベルの上昇とともに増加したが、レベル6で低下し、その後は上昇し

ていた。(図6)各レベル間の有意差は伸展でレベル2と3 ($P<0.01$), 7と8 ($P<0.05$), 屈曲でレベル2と3 ($P<0.01$), 6と7 ($P<0.01$), 7と8 ($P<0.01$)の間で認められるだけであった。各レベルでの伸展・屈曲の間ではレベル7と8の間には有意差は認められず、その他は有意に伸展の仕事量が高い値を示した。

考 察

今回、可変速可変抵抗機器を使用し、最大トルク値、%MVC値、トルク体重比、角速度、仕事量から機械的特性及び筋出力特性をみることを試みた。

最大トルク値は、運動負荷における筋出力そのものであり、関節角速度を負荷として設定するCybex machineの実験報告と同様に

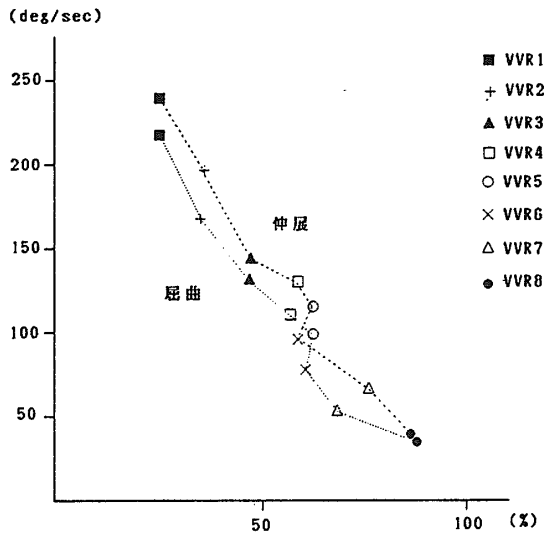


図5-1 %MVC-角速度関係

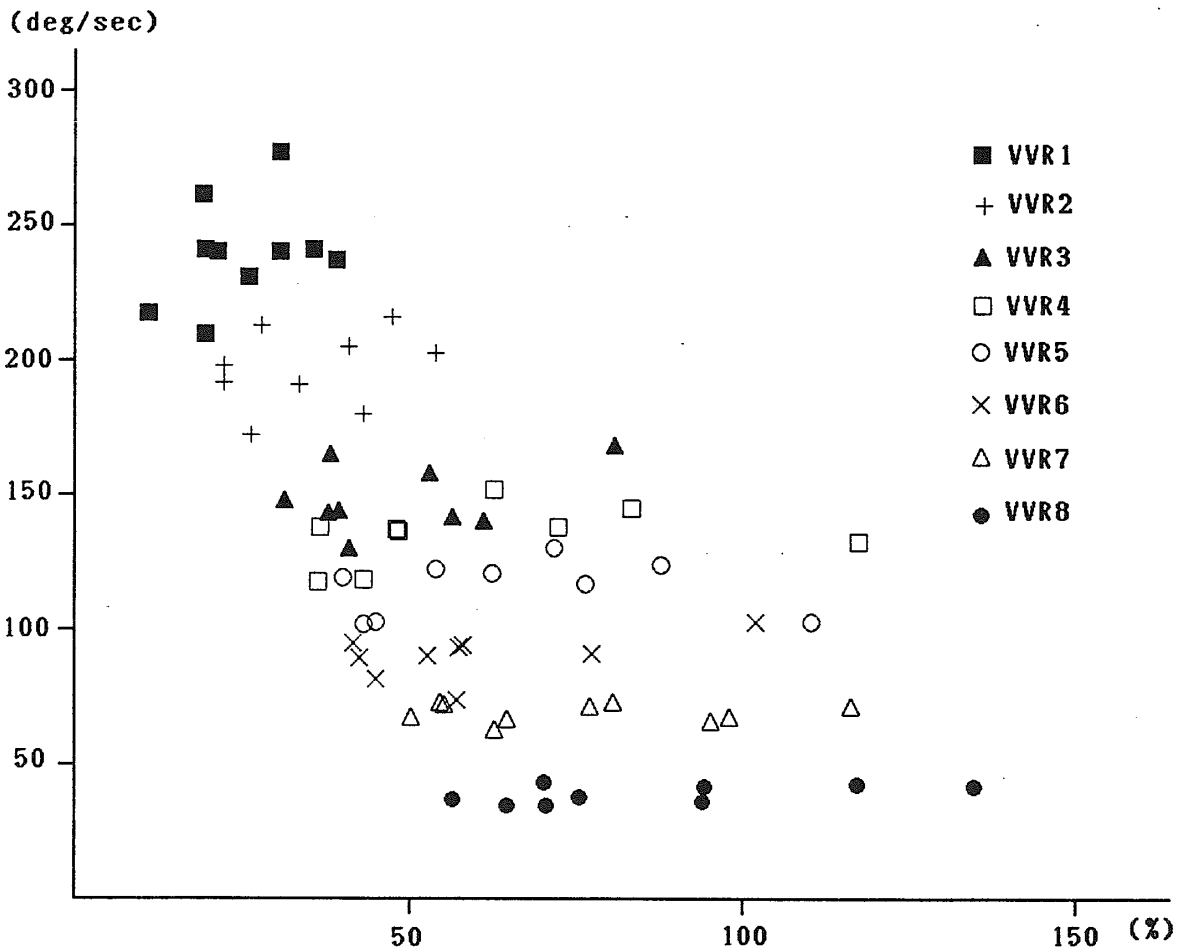


図5-2 %MVC-角速度の関係(伸展)

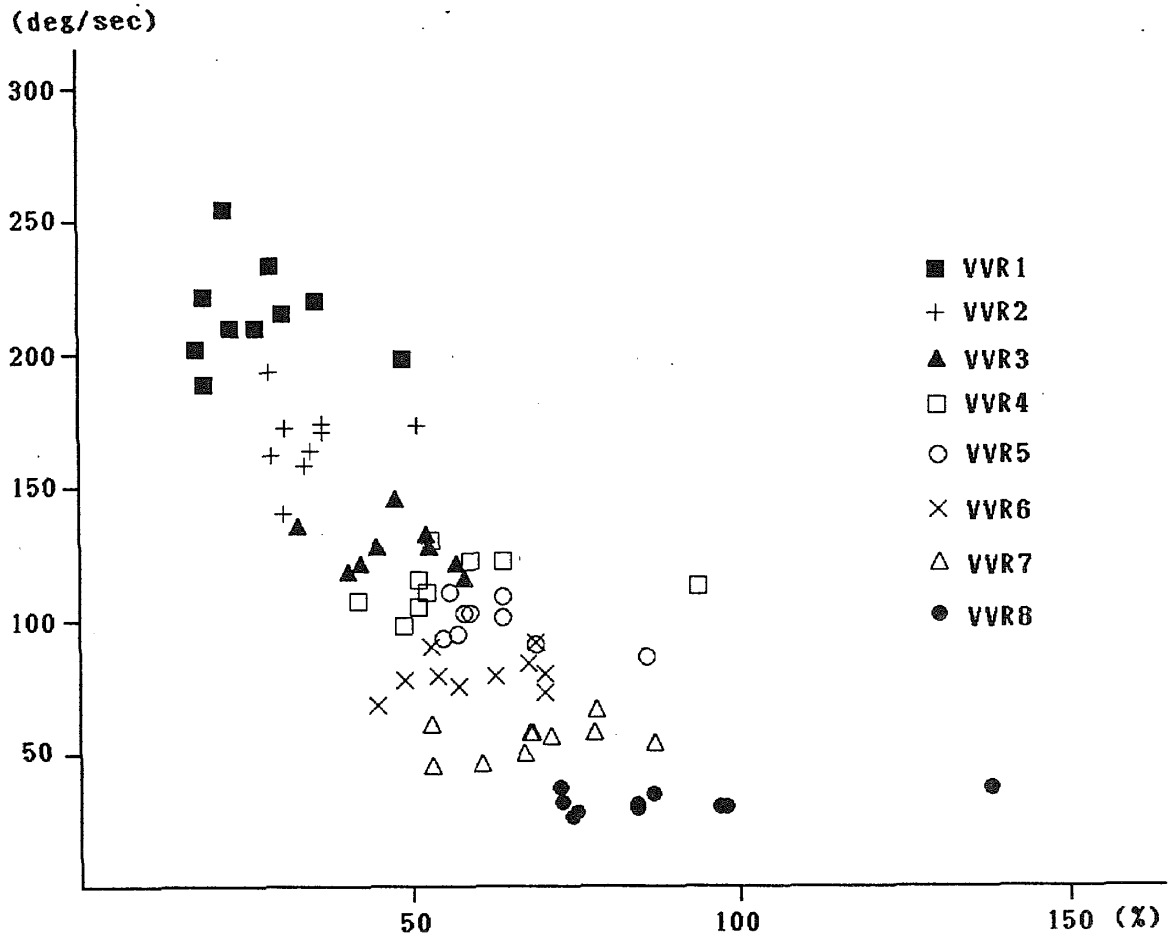


図5-3 %MVC-角速度の関係(屈曲)

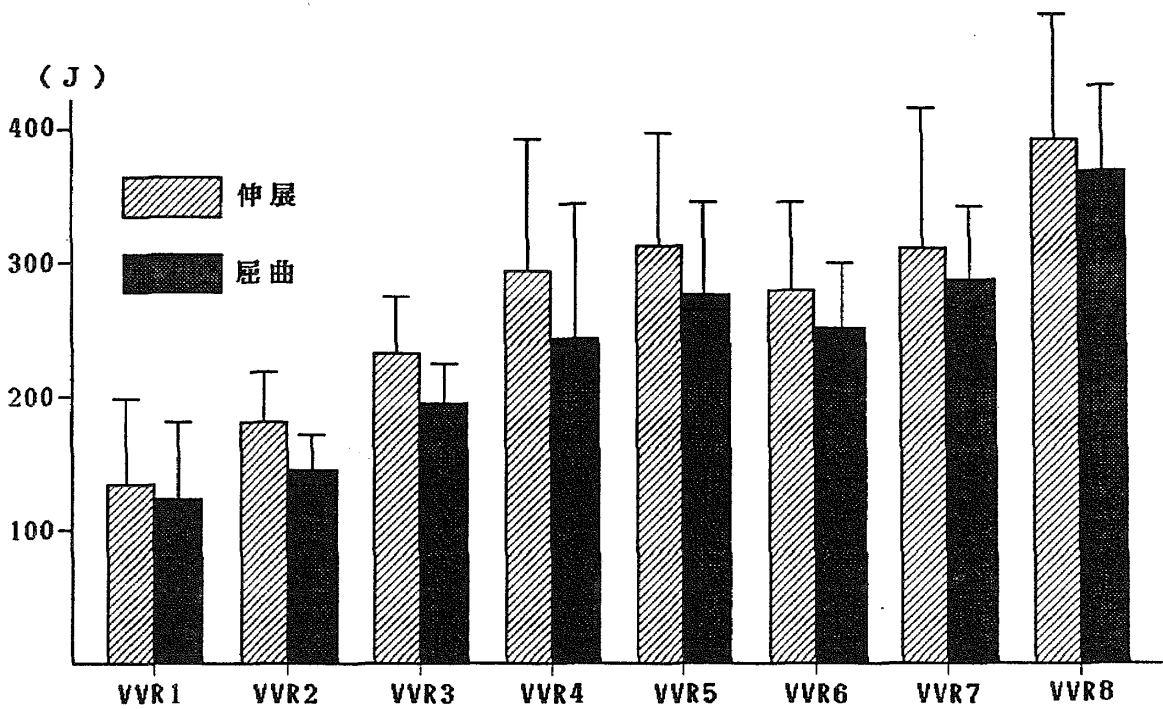


図6 仕事量の変化

負荷レベルの上昇に伴い最大トルク値も増加した。しかし、各レベル間の比較で伸展においてはレベル4と5、5と6、屈曲ではレベル4と5、5と6、6と7の間には有意差は認められなかった。またその仕事量の変化は、レベル5までは上昇し、レベル6で一度低下、その後再び上昇する傾向を示し、レベル間の有意差もレベル4～6の間では認められなかった。このことより、VVRの負荷レベルにおける筋出力特性は負荷レベル1～3、4～6、7～8の3つの段階に分類できるのではないかと考えられた。

また、負荷量の指標となる%MVC値の変化では各レベル間で有意差が認められ、さらにその角速度との関係は、黄川等³⁾が報告した等速度運動負荷器の運動速度と発揮筋力との関係に類似しており、可変速・可変抵抗運動の運動様式が基本的には等速度運動のそれと類似しているものと思われた。しかし、個人間の変化では、レベル3～6の間でばらつきが大きく、個人間の最大努力筋緊張(MVC値)の影響、また各負荷レベル内での負荷量と各速度変化の変位によるところが大きいのと思われる、これらの変化がVVRの特徴の一つと考えられた。

トルク体重比の変化においては、最大トルク値、%MVCと同様に負荷レベルが上昇するにつれ、その値も増加し、伸展・屈曲の差も著明なものとなった。トルク体重比の概念は、黄川によると筋力を体重当りの筋力で示し、個人的要素を少なくした上で運動機能を評価する一定の客観的数値として捉えられるとしている。また、大腿四頭筋の最大筋力を体重比で示したものを体重支持指数(正常な運動機能を1.0または100%)として表し、負荷強度の決定、最大筋力の推定に役立つと述べている。⁴⁾⁵⁾ 今回の実験では大腿四頭筋の最大筋力の体重比と各レベルのトルク体重比の関係を導き出すまでには至らず今後の興味ある研究課題である。

今回の実験により、可変速・可変抵抗運動は各負荷レベル間の負荷量・各速度の変化、また同一負荷レベル内での負荷量が変わることにより、生体の筋出力を多様なものに行っていると考えられた。また、%MVCと各速度との関係から最大努力筋緊張(MVC値)により運動負荷値を広範囲に設定できるものとする。

一般に筋出力トレーニングを処方する場合、等速度運動ではその負荷条件を%MVCにて表し、対応する角速度にて処方される。可変速・可変抵抗運動においては、トルク体重比を個々の目標値として設定し、%MVCと角速度の関係から幅の広い負荷条件が設定できるものとする。今後は、等尺性収縮訓練、等速性収縮訓練など、筋の収縮様式の違いにおける筋出力の特性及びその負荷条件について研究する必要がある。

参考文献

1. 嶋田智明：等運動性訓練の理論と実際。理・作療法 1979；13(8)：515-524.
2. 島田 孝，谷岡 淳，倉石健二，津久井 まりゑ，大井淑雄：Isokinetic exercise の概念と exercise machine の応用。理・作療法 1976；10(3)：237-243.
3. 黄川昭雄ら：Cybex IIによる最大筋力評価の試み。臨床スポーツ医学4(別冊) 1987；404-407.
- 4) 黄川昭雄ら：体重支持力と下肢のスポーツ障害。Japanese Journal of Sports Science 1986；5(12)：837-841.
- 5) 黄川昭雄ら：アスレティックリハビリテーションにおける下肢の機能評価および筋力評価。臨床スポーツ医学5(別冊) 1988；213-215.

(1990年12月28日受理)