

機関番号：34315

研究種目：基盤研究（C）

研究期間：2008～2010

課題番号：20500565

研究課題名(和文) 機械的インピーダンス制御マシンを活用した局部選択型筋力トレーニングの提案

研究課題名(英文) The proposal of a new concept training with using a variable mechanical impedance display device

研究代表者

伊坂 忠夫 (ISAKA TADAO)

立命館大学・スポーツ健康科学部・教授

研究者番号：30247811

研究成果の概要（和文）：

単関節用の機械的インピーダンストレーニングマシンを活用して、強化・向上させたい筋力特性範囲に対して、限定的かつ効果的なトレーニング刺激を提示することをねらいとして8週間のトレーニング実験を行い、粘性トレーニングならびに粘性に弾性を重畳するトレーニングの効果を検討した。粘性トレーニング群はトレーニングの負荷強度として用いた粘性係数8.0[Nm/(rad/s)]以下でピークトルクに有意な差が見られ、粘性+弾性トレーニング群では、粘性係数8.0[Nm/(rad/s)]以上でピークトルクに有意な差が見られた。

研究成果の概要（英文）：

We have developed a new training system basing on a variable mechanical impedance display device. We compared the three training group which are 1) control group, 2) iso-viscous training group (8.0 [Nm/(rad/s)]) and iso-viscous(8.0 [Nm/(rad/s)]) + elastic training(20.0 [Nm/rad], phase 1.0-1.5 [rad]) group. In iso-viscous training group, there were significantly increased peak torques in the condition of under 8.0 [Nm/(rad/s)] viscous. On the other hand, in iso-viscous + elastic training group, there were significantly increased peak torques in the condition of over 8.0 [Nm/(rad/s)] viscous. Consequently, the additional elastic component had an training stimulus for increasing peak torques in the condition of over 8.0 [Nm/(rad/s)] viscous.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2008年度	1,000,000	300,000	1,300,000
2009年度	1,200,000	360,000	1,560,000
2010年度	1,200,000	360,000	1,560,000
年度			
年度			
総計	3,400,000	1020,000	4,420,000

研究分野：総合領域

科研費の分科・細目：健康・スポーツ科学 ・ スポーツ科学

キーワード：(1)トレーニング装置 (2)機械的インピーダンス (3)筋力 (4)パワー (5)スポーツ科学

## 1. 研究開始当初の背景

従来の筋力トレーニング機器は、バーベルなどのフリーウエイト、油圧・空圧を用いたマシン、電磁制動式マシンなどである。これらは重量（慣性）、粘性、バネ要素（弾性）、のいずれかを利用している。我々はこれまでの科学研究費補助金による研究（平成16年度～平成18年度 基盤研究(B) (2) <課題番号 16300214>「ハイブリッド型モーターによる高精度・高速度・高出力のパートレーニング機器の開発」）において、機械の粘性、弾性要素を制御することができ、トレーニング動作中にも粘性、弾性のいずれの項も可変に制御することができる単関節用の機械的インピーダンストレーニングマシンを開発した。

この機械的インピーダンス装置は、機械の粘性、弾性の要素を含んだ複合特性のいずれかの要素もしくは両者の複合要素を制御でき、かつトレーニング動作中にも粘性、弾性のいずれの項も可変に制御することができるトレーニングマシンである（重蔵ら，2004）。

すなわちこれまでには慣性、粘性、弾性のいずれかのみを使ったトレーニングしか出来なかったのが、動作の後半は粘性あるいはバネと粘性を利かせたトレーニングに切り替えることが可能になった。また、動作中のある瞬間に色々なタイプの負荷を課すことができるようになり、従来とは異なった刺激を筋に与えることができるようになった。

筋力トレーニングの効果は、トレーニング刺激に対して特異的に現れることが知られており（金久，1990）、このことを利用して最大筋力、最大パワー、最大速度の強化トレーニングが行われている。一方で、競技スポーツでのパフォーマンスを振り返ると、必ずしもすべての競技・動作において最大筋力、最大パワー、最大速度の最大値を常に求められるものではなく、競技動作に適したレベルでの筋力発揮が行われている。そのため従来は、最大値を高めるトレーニングとともに、競技動作に特異的なトレーニングの両者を組み合わせてパフォーマンス向上のトレーニングを行ってきた。

## 2. 研究の目的

本研究では、上記の機械的インピーダンストレーニングマシンを活用して、強化・向上させたい筋力特性範囲に対して、限定的かつ効果的なトレーニング刺激を提示することをねらいとしており、そのトレーニング効果の検証を行うことが主な

研究目的である。

## 3. 研究の方法

本研究では研究目的遂行のために、独自開発した機械的インピーダンストレーニング装置を活用し、研究を進める。

### システム構成図

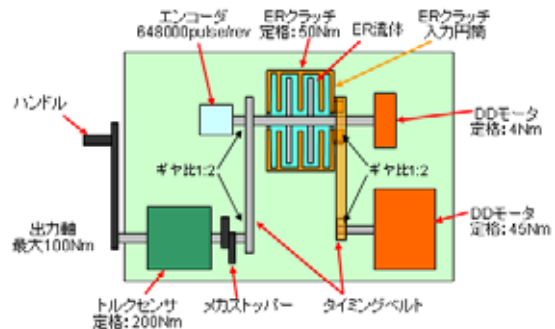


図1 使用した機械的インピーダンストレーニング装置のシステム構成図

### 機械的インピーダンス制御システムの外観



図2 機械的インピーダンス制御システムの概観図

#### (1) 機械的インピーダンス可変トレーニング装置

機械的インピーダンスパラメータの可変制御のための制御則の確認と人間対象の実験で用いることができる基本特性の確定

局的部分強化のための機械的インピーダンスパラメータの設定

等張性、等速性、等粘性負荷によって与えられる負荷プロフィールを筋力特性の三次元評価に重ねると次の図のようになる。すなわち、等張性ではトルクと平行な面における負

荷となり、等速性では速度ごとの面となり、等粘性ではトルク - 各速度平面を斜めに切る面となる。いずれの負荷も筋出力特性の3次元空間を平面で切る取るため、ある局地部分に大きな刺激を与えるためには、これらの負荷を組み合わせるとともに時系列ごとに变化させる必要がある。局地部分ごとのインピーダンスパラメーターを設定する。

(2) トレーニング実験

以下のトレーニング群を設定したトレーニング実験を8週間行わせ、特定の局地部分の効果を比較検討する。

- a) コントロール
- b) 等粘性負荷
- c) 等粘性負荷 + 弾性負荷 (ある区間のみ)

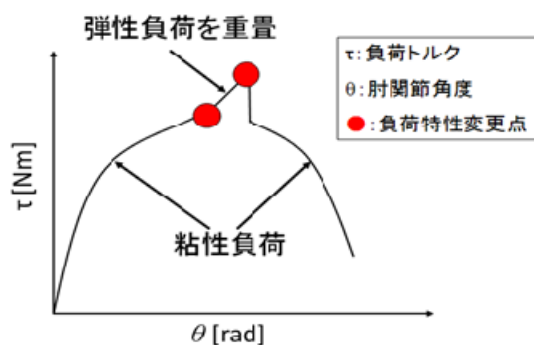


図3 等粘性負荷 + 弾性負荷トレーニングにおける負荷 - トルクの関係

4. 研究成果

開発したハイブリッド型モーターによる高精度・高速度・高出力のパワートレーニング機器による、機械の粘性、弾性要素を制御した単関節用の機械的インピーダンストレーニングマシンを活用して、強化・向上させたい筋力特性範囲に対して、限定的かつ効果的なトレーニング刺激を提示することをねらいとして、研究を進めた。

8週間のトレーニング実験を行い、粘性トレーニングならびに粘性に弾性を重畳するトレーニングの効果を検討した。健康な成人男性 16名の被験者をコントロール群 (n=5)、粘性係数 8.0[Nm/(rad/s)]のみのトレーニング群(以降、粘性トレーニング群, n=5)、粘性係数 8.0[Nm/(rad/s)]に関節角度 1.0 ~ 1.5[rad]の区間においてのみ弾性係数 20.0[Nm/rad]を加えたトレーニング群(以降、粘性+弾性トレーニング群, n=6)の3群に分けた。

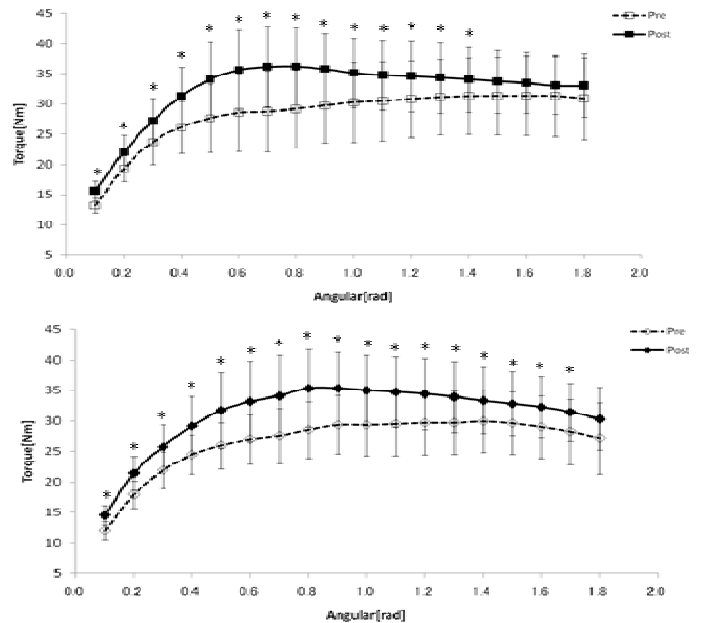


図4 粘性係数 8.0の関節角度毎における実験初日と最終日間の比較(上:粘性トレーニング群, 下:粘性+弾性トレーニング群)

表1 各粘性係数のピークトルクのトレーニング前後の比較

\*: 同実験条件内の比較 (P<0.05)

a: コントロール群と粘性トレーニング群の比較 P<0.05

b: コントロール群と粘性+弾性トレーニング群の比較 (P<0.05)

被験者		粘性係数[Nm/(rad/s)]					
		3.0	5.0	8.0	12.0	20.0	30.0
コントロール群	Pre	17.0±5.3	21.4±5.7	26.9±7.2	32.5±8.9	35.8±10.5	38.7±9.8
	Post	18.4±4.6	22.9±5.2	27.2±6.1	33.2±7.3	37.0±8.7	39.0±10.8
粘性	Pre	22.0±5.0	26.0±5.9	31.7±6.5	38.3±8.5	41.6±9.9	43.7±14.9
	Post	25.8±3.3 <sup>a</sup>	29.9±3.7 <sup>a</sup>	38.5±7.5 <sup>a</sup>	39.7±4.8	44.1±6.6	45.6±11.3
粘性+弾性	Pre	20.4±3.2	25.1±4.5	30.6±4.8	35.0±5.7	39.4±6.5	41.4±6.4
	Post	23.6±3.5 <sup>b</sup>	28.9±2.5 <sup>b</sup>	36.8±3.4 <sup>b</sup>	39.9±3.2 <sup>b</sup>	44.9±2.1 <sup>b</sup>	48.5±5.5 <sup>b</sup>

対応のあるt検定で分析した結果、粘性トレーニング群はトレーニングの負荷強度として用いた粘性係数8.0[Nm/(rad/s)]以下でピークトルクに有意な差が見られ、粘性+弾性トレーニング群では、粘性係数8.0[Nm/(rad/s)]以上でピークトルクに有意な差が見られた。また、等分散を仮定した2標本によるt検定では、粘性トレーニング群では粘性係数8.0[Nm/(rad/s)]以下において、コントロール群との間にトレーニング後のピークトルクに有意な差が見られ、粘性+弾性トレーニング群では全粘性係数において、コントロール群との間にトレーニング後のピークトルクに有意な差が見られた。

以上の実験の結果、粘性トレーニング群は、トレーニングで使用した粘性係数8.0[Nm/(rad/s)]以下においてトレーニング効果が示され、一方で粘性+弾性トレーニン

グ群では、粘性係数 8.0[Nm/(rad/s)]以上の負荷において、トレーニング効果が示された。

#### 5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

##### [雑誌論文](計3件)

著書名: 重歳憲治, 川村貞夫, 伊坂忠夫,  
論文標題: 機械的インピーダンス可変装置を用いた高速運動トレーニングシステムの開発(粘性負荷への最適付加慣性の実現), 雑誌名: 日本機械学会論文集C編, 査読: 有, 巻: 75 (759), 発行年: 2009, ページ: 193 - 201

著書名: 重歳憲治, 伊坂忠夫, 小澤隆太, 森園哲也, 川村貞夫, 論文標題: 等粘性負荷を用いた人間のトルク-角速度-角度特性の計測と解析, 雑誌名: 日本機械学会論文集C編, 査読: 有, 巻: 75 (750), 発行年: 2009, ページ: 343-348

著書名: Kenji Shigetoshi, Tadao Isaka, Sadao Kawamura, 論文標題: A new evaluation system for dynamic muscular strength characteristics using isoviscous loading, 雑誌名: The Engineering of Sports, 査読: 有, 巻: 7, 発行年: 2008, ページ: 419-428

##### [学会発表](計3件)

発表者名: 重歳憲治, 川村貞夫, 伊坂忠夫,  
発表標題: 粘性負荷を用いた高速運動トレーニングのための付加質量調整システム開発, 学会名等: 第27回日本ロボット学会学術講演会(RSJ2009), 発表年月日: 2009年9月15日, 発表場所: 横浜国立大学(神奈川県)

発表者名: Kenji Shigetoshi, Sadao Kawamura and Tadao Isaka, 発表標題: Proposal of an Additional-Inertia Tuning Method to Viscous Load, 学会名等: ISBS 2009, 発表年月日: 2009年8月17日, 発表場所: Limerick, Ireland

発表者名: 伊坂忠夫, 坂上森彦, 重歳憲治, 川村貞夫, 発表標題: 機械的インピーダンス(慣性・粘性・剛性)可変制御装置を利用した筋力トレーニング実験, 学会名等: 第21回日本トレーニング科学学会大会, 2008, 発表年月日: 2008年12月20日, 発表場所: 大東文化大学東松山キャンパス(埼玉県)

##### [産業財産権]

#### 出願状況(計1件)

名称: トレーニング装置  
発明者: 重歳憲治, 川村貞夫, 伊坂忠夫  
権利者: 立命館大学  
種類: 特許  
番号: 特願 2009-112343  
出願年月日: 2009年4月16日  
国内外の別: 国内

##### [その他]

ホームページ等  
<http://www.ritsumei.ac.jp/~isaka/>

#### 6. 研究組織

##### (1) 研究代表者

伊坂 忠夫 (ISAKA TADAO)  
立命館大学・スポーツ健康科学部・教授  
研究者番号: 30247811

##### (2) 研究分担者

川村 貞夫 (KAWAMURA SADAO)  
立命館大学・理工学部・教授  
研究者番号: 20186141

重歳 憲治 (SHIGETOSHI KENJI)  
滋賀医科大学・マルチメディアセンター・助教  
研究者番号: 70335165