

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 27 年 6 月 15 日現在

機関番号：34315

研究種目：基盤研究(B)

研究期間：2012～2014

課題番号：24300220

研究課題名(和文) 特定部位の筋機能を強化するトレーニング・システムの開発

研究課題名(英文) Research for Innovative Training System to Enhance Training Effect on Specific Motor Ability

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

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 14,000,000円

研究成果の概要(和文)：スポーツパフォーマンスを向上させるために、競技の特異性を考慮したトレーニングを提供できるシステムの開発を目的とし、エクササイズ中の負荷パターンをコンピュータ制御可能なトレーニングシステム(iSAAC)の開発に取り組んだ。このマシンには各種センサを設置しており、使用者の運動情報を取得することが可能である。これにより、数値計算から力情報を推定することで運動を評価することを可能とした。負荷にはブレーキによる制動力を採用しているため安全なトレーニングを提供しており、負荷パターンによって同様の脚伸展動作においても異なる力発揮状況を促すことが可能である。

研究成果の概要(英文)：To enhance the training effect on specific motor abilities, we developed new intelligent training system which provides multi-joint leg extension exercise with variable loading pattern. We call this iSAAC (intelligent system of advanced actuation for concentric training). The iSAAC has sensors to acquire kinematics information and external force. Kinetics information such as joint torque is estimated by these sensory information and calculation of inverse dynamics. User can evaluate result of exercise objectively. The iSAAC provides safe exercise because the iSAAC adopts the braking force as training resistance. Exercise of the iSAAC encourages unique power generation. This leads to enhance the training effect on specific motor abilities.

研究分野：スポーツ科学

キーワード：スポーツバイオメカニクス トレーニング科学

1. 研究開始当初の背景

筋力が筋量に比例することは一般的によく知られている。したがって、最大筋力や爆発的パワーの向上を目指すアスリートは筋肥大を目的としたトレーニングを行う。一般にトレーニングによる刺激を筋に与えると、そのメカニカルなストレスが筋損傷を引き起こすと同時に各種ホルモンが分泌され、筋線維が回復する際に筋線維が肥大する(超回復)と考えられている。しかしながら、同様のトレーニングを積んでも筋肥大の仕方は部位によって差が生じることや筋内でも部位差が生じることがある。経験を積んだアスリートの場合には、個々人が理想とする筋形態を求めるがゆえ、ある特定の部位を鍛えるために動作や姿勢を変えて筋にかかる負荷を変えるなどの工夫を行っている。これを体系化し、ある特定の部位を鍛える(筋肥大させる)ためのトレーニングシステムを構築することは、スポーツパフォーマンスを向上するための一助になる。

2. 研究の目的

本研究は「**スポーツパフォーマンス向上のためのスポーツ特異性を考慮したトレーニングシステムを開発すること**」が目的である。十分なトレーニングを積んでいるアスリートでも、さらに理想的な筋機能や筋形態にするために、あるいは怪我からのリハビリの際に、**ある特定の部位のみを鍛えることが必要になることがある。**しかしながら、トレーニングに伴う筋肥大の部位差・左右差、筋力の左右差などの存在は知られていながらも、**特定の部位の筋だけを鍛えるトレーニングシステムは構築されていない。**本研究では、複合した負荷様式によるトレーニングにそのメカニズム解明のヒントがあると考えた。そのための理論を体系化するとともに、トレーニングシステムを構築し、最新の技術を駆使したトレーニング機器の開発も試みる。

3. 研究の方法

本研究は、「スポーツパフォーマンス向上のためのスポーツ特異性を考慮したトレーニングシステムを開発する」ために、ヒト生体を用いた実験とトレーニング動作を実現するための機器作製を行う。トレーニング動作はスクワット、ペダリング、ジャンプなどの下肢多関節運動であり、実際に多くのアスリートがトレーニングとして用いている動作である。初年度は主に肘関節屈曲伸張動作を用いて実験を行い、トレーニング動作に伴う筋の一過性応答のメカニズムを5段階にレベル分けして、それぞれの視点から検討する。同時に、下肢全体での複雑な動作を具現化できるような下肢用ハイブリッド型(慣性、剛性、粘性の性質をすべて含む)機器を開発す

る。次年度は下肢多関節動作に伴う一過性応答のメカニズムを解明する。得られた知見を元に、トレーニング機器の改良も行う。最終年度には、開発したマシンを用いて長期トレーニング実験を行う。

4. 研究成果

下肢多関節動作用トレーニング機器の開発を行った。開発機器については「下肢トレーニング装置」の名称にて産業財産権の出願を行った。具体的な成果は下記のとおり。



(1)スポーツパフォーマンスを向上させるために、競技の特異性を考慮したトレーニングを提供できるシステムの開発を目的とし、コンピュータ制御された電磁ブレーキによって運動中の負荷パターンを変化させることで、同様の動作でありながら異なる力発揮を促すトレーニングシステムの開発・改良を行った。

(2)ハードウェア面では、装置使用者からの要望により、足部をより前方で接地できるように床反力計を設置する部品の大型化と使用者が上半身を凭れかけ固定する際の固定位置を調節できるようにシート部分の大型化等の調整を適宜行った。

(3)ソフトウェア面では下肢伸展動作時の運動をセンサ(ゴニオメータ、フォースプレート、ロータリエンコーダ)により計測し、ローパスフィルター処理を施した各運動情報から逆動力学演算により力情報(関節トルクや関節パワー)を推定する機能を設計した。また、最適化演算により得られた関節トルクから動作中の筋張力を推定する機能を追加した。

(4)本装置を用いて、動作中の電磁ブレーキからの負荷量を一定とした場合と、動作中に負荷パターンを一定ではなく可変とした場合の力発揮能力を調べた結果、運動途中で負荷を増大させる可変負荷パターンにより、動作中の各姿勢における関節トルクを変化させることが可能となった。また、可変負荷パ

ターンによって変化した運動においても推定した筋張力は主動筋としての筋活動が筋電計によって計測した筋活動のパターンと酷似した結果を得た。

(5) 負荷量の設定方法に関しては初期姿勢(脚屈伸時)における最大の力発揮量を計測することで拳上可能な最大値を推定し、初使用であっても簡便に利用することが可能となった。

(6) 当研究での主な成果については、以下学会等で発表を行った。

5. 主な発表論文等

[雑誌論文](計23件)

井口雅仁, 大塚光雄, 吉岡伸輔, 本城豊之, 伊坂忠夫, 陸上短距離走選手のバウンディング運動におけるキネマティクスの研究、査読有、トレーニング科学(26巻1号)、2015年、33-44

Fukutani A., Kurihara T., Isaka T., Influence of joint angular velocity on electrically evoked concentric force potentiation induced by stretch-shortening cycle in young adults、査読有、Springer Plus(4巻)、2015年、82

DOI: 10.1186/s40064-015-0875-0
Takumi Jiroumaru, Toshiyuki Kurihara and Tadao Isaka, Measurement of muscle length-related electromyography activity of the hip flexor muscles to determine individual muscle contributions to the hip flexion torque、査読有、Springer Plus(3巻)、2014年、624

DOI: 10.1186/2193-1801-3-624
Takumi Jiroumaru, Toshiyuki Kurihara, Tadao Isaka, Establishment of a recording method for surface electromyography in the iliopsoas muscle、査読有、Journal of Electromyography and Kinesiology(23巻4号)、2014年、445-451

DOI: 10.1016/j.jelekin.2014.02.007
Shinsuke Yoshioka, Akinori Nagano, Dean C. Hay, Izumi Tabata, Tadao Isaka, Motoyuki Iemitsu, and Senshi Fukushima, New Method of Evaluating Muscular Strength of Lower Limb Using MEMS Acceleration and Gyro Sensors、Journal of Robotics and Mechatronics、査読有、Vol.25 巻No1号、2013年、153-161
<https://www.fujipress.jp/finder/xslt.php?mode=present&inputfile=ROBOT00250010016.xml>

[学会発表](計98件)

本城豊之, 塩澤成弘, 横井星一, 伊坂忠夫 電磁ブレーキを用いた可変負荷による脚伸展筋トレーニングシステム iSAAC における下肢筋力推定第27回日本トレーニング科学学会大会、2014年11月22日、独立行政法人産業技術総合研究所臨海副都心センター、東京都

Seiichi Yokoi, Toyoyuki Honjo, Naruhiko Shiozawa, Toshiyuki Kurihara Takatashi Higuchi and Tadao Isaka, EMG Pattern of Lower Extremity Muscle for iSAAC a New Resistance Training Machine、icSPORTS 2014、2014年10月25日、ROME, Italy
Toyoyuki Honjo, Naruhiko Shiozawa, Seiichi Yokoi and Tadao Isaka,

Development of Concentric only Exercise Machine with Estimation of Whole Body Dynamics、icSPORTS 2014、2014年10月24日、ROME, Italy

横井星一, 本城豊之, 塩澤成弘, 栗原俊之, 樋口貴俊, 伊坂忠夫、特定部位強化のためのトレーニングシステムの開発 - コンセントリック活動中の筋電図比較からの検討 - 第23回日本バイオメカニクス学会、2014年9月15日、国立スポーツ科学センター、東京都

井口雅仁, 大塚光雄, 吉岡伸輔, 本城豊之, 伊坂忠夫、短距離走選手における短距離走とバウンディング運動の動作学的研究第23回日本バイオメカニクス学会、2014年9月14日、国立スポーツ科学センター、東京都

本城豊之, 長野明紀, 伊坂忠夫、斜面歩行時の上半身重心解析第23回日本バイオメカニクス学会、2014年9月13日、国立スポーツ科学センター、東京都

T. Kurihara T. Jiroumaru, T. Isaka, EMG-angle relationship of hip flexor muscles during maximum isometric hip flexion、7th world congress of biomechanics、2014年7月9日、Boston, USA

T. Honjo, T. Isaka, Upper Body Behavior in Human Walking Based on Inverted Double Pendulum、7th world congress of biomechanics、2014年7月8日、Boston, USA

T. Jiroumaru, T. Kurihara, T. Isaka, The possibilities of recording the iliopsoas muscle activity by surface EMG、7th World Congress of Biomechanics、2014年7月8日、Boston, USA

Kazumi Critchley, Toshiyuki Kurihara and Tadao Isaka, Effect of Contralateral Condition during Bimanual Pinch Force Control、icSPORTS 2013、2013年9月20日、VIRAMOURA, Algarve, Portugal

Toshiyuki Kurihara, Takeshi Saiki, Tomoyo Kageta, Tadao Isaka, Contribution

of iliopsoas and quadratus lumborum muscle size on long distance runners, XXIV Congress of the International Society of Biomechanics, 2013年8月6日、NATAL,Rio Grande do Norte,Brazil

〔図書〕(計6件)

栗原俊之,伊坂忠夫,本城豊之,塩澤成弘、(株)エヌ・ティー・エス、進化する運動科学の研究最前線、筋機能・形態発達のための新しいトレーニングシステムの開発、2014年、322-328

藤田聡、市村出版、体育・スポーツ系指導者・学生のためのスポーツ栄養学、2014年、70-88

後藤一成、化学同人、行動を起こす体力の加齢変化(体力学、中谷敏昭編)、2014年、123-130

後藤一成、化学同人、筋力や筋パワーを高める体力トレーニング(体力学、中谷敏昭編)、2014年、160-170

後藤一成、Nova Science Publishers, Inc.、Effects of Exercise on Appetite-Related Hormonal Regulations (In: Appetite: Regulation, Use of Stimulants and Cultural and Biological Influences. Ed. Bienertova-Vasku J)、2014年、123-141

〔産業財産権〕

出願状況(計 2 件)

名称:身体動作の練習支援システム
発明者:野間春夫、伊坂忠夫、本城豊之、松村耕平、樋口貴俊
権利者:同上
種類:特許
番号:特許願 2014-174021号
出願年月日:2014年8月28日
国内外の別:国内

名称:下肢トレーニング装置
発明者:本城豊之、伊坂忠夫、塩澤成弘
権利者:同上
種類:特許
番号:特許願 2015-088321号
出願年月日:2015年4月23日
国内外の別:国内

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

藤田 聡 (FUJITA, Satoshi)
立命館大学・スポーツ健康科学部・教授

研究者番号: 80451863

塩澤 成弘 (SHIOZAWA, Naruhiro)
立命館大学・スポーツ健康科学部・准教授
研究者番号: 30411250

後藤 一成 (GOTO, Kazunari)
立命館大学・スポーツ健康科学部・准教授
研究者番号: 60508258

栗原 俊之 (KURIHARA, Toshiyuki)
立命館大学・スポーツ健康科学部・助教
研究者番号: 10454076

(3)連携研究者

浜岡 隆文 (HAMAOKA, Takafumi)
立命館大学・スポーツ健康科学部・教授
研究者番号: 70266518

家光 素行 (IEMITSU, Motoyuki)
立命館大学・スポーツ健康科学部・准教授
研究者番号: 90375460

吉岡 伸輔 (YOSHIOKA, Shinsuke)
東京大学・大学院総合文化研究科・准教授
研究者番号: 20512312

大塚 光雄 (OTSUKA, Mitsuo)
立命館大学・スポーツ健康科学部・特任助教
研究者番号: 20611312