

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 30 年 6 月 6 日現在

機関番号：14101

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2014～2017

課題番号：26350658

研究課題名(和文) 転倒予防のための下肢の3対6筋モデルでの評価・改善・支援手法の開発

研究課題名(英文) Development of evaluation, improvement, and assist methods for preventing falls using 3 pairs muscle model of lower limbs

研究代表者

平井 淳之(Hirai, Junji)

三重大学・工学研究科・招へい教授

研究者番号：30345996

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,700,000円

研究成果の概要(和文)：筋力が低下した高齢者の下肢等を対象に、必要最低限の筋力を付加可能な手法を開発するために以下の研究を行った。

1. 高齢者の肢の筋力を簡易かつ正確に評価できる測定システムの開発 2. 上記測定装置を用いた多数の高齢者での筋力測定による必要最低限の筋力の割り出し 3. 筋力の不足を補うためのパワーアシスト手法の開発

研究成果の概要(英文)：The following researches are performed to realize a method to add minimum amount of muscle force for lower limbs of elderly people with loss of muscle strength.

1. Development of a muscle strength measurement system of lower limbs precisely and easily 2. Measurement of muscle strength of lower limbs of elderly people using the aforementioned equipment 3. Development of a system to compensate for shortage of muscle strength

研究分野：メカトロニクス

キーワード：筋骨格 筋力評価 筋活動度 肢

1. 研究開始当初の背景

超高齢社会においては高齢者が出来るだけ長く自立して生活できることが、高齢者自身だけでなく社会にとっても望ましい。運動器の障害のために移動能力の低下をきたして、要介護となったり、要介護になる危険の高い状態を「ロコモティブシンドローム(略称:ロコモ)」という。その状態を診断するための問診が開発され、予防のためにトレーニングが推奨されている。

本研究の研究グループは肢の3対6筋モデルに基づいた筋力測定システムやトレーニング手法を開発してきた。このモデルは多数の筋をその機能毎に分類した簡易モデルである。

従来の関節毎の筋力評価においては、関節トルクに一関節筋と二関節筋が含まれているが、それらを分離した筋力評価を行うことが出来なかった。それに対して、3対6筋モデルを基にした機能別実効筋理論により、一関節筋と二関節筋を分離した詳細な筋力評価が可能となった。その理論を基に計測精度を向上させ、さらに高齢者が理解しやすいユーザーインターフェイスを備えた下肢筋力測定システムを本研究グループが開発した。さらに、3対6筋モデルの目的の筋群に対して所望の負荷を与える手法を提案し、目的の筋群に対する効果的なトレーニング手法を開発した。

以上のように本研究の研究グループでは3対6筋モデルに基づいた筋力評価とトレーニングの組み合わせにより、目的の筋群の筋力を所望の値にまで向上させることが可能となった。しかし、ロコモを回避する目標となる各筋群の筋力が不明であるため、3対6筋モデルに基づいた手法をロコモ解決のために効果的に適用することが出来ない。

2. 研究の目的

ここでは筋力が低下した高齢者の下肢等を対象に、残存機能を最大限生かしつつ、必要最低限の筋力を付加可能な手法を開発する。具体的な研究内容は次の通りである。

(1) 高齢者の肢の筋力を簡易かつ正確に評価できる測定システムの開発

(2) 上記測定装置を用いた多数の高齢者での筋力測定による必要最低限の筋力の割り出し

(3) 筋力の不足を補うためのパワーアシスト手法の開発

3. 研究の方法

ここでは、次のように研究統括と手法の開発、装置開発、住民検診の3つに役割を分割する。

(1) 平井(研究代表者): 全体の統括と筋活動制御手法の開発によるトレーニングとアシスト手法の開発

(2) 駒田(研究分担者): 各種装置開発

(3) 西村(研究分担者): 多数の高齢者での

筋力測定による必要最低限の筋力の割り出し

4. 研究成果

下肢のサジタル平面内で筋力評価方法の開発を行った。ここでは、股関節、膝関節、足関節の3関節を対象とした方法を開発した。本手法は下肢先端の発揮力より、3関節に関係した各筋力の評価が可能である。

筋骨格モデルを構築できれば、それを人間の評価や支援等を行うときに用いることが可能となる。筋のモデルに含まれるパラメータの一つである、至適長は最も筋力が発揮される時の筋の長さであり、生きている人の値を決定するのは困難である。ここでは、本課題で開発した筋力評価手法を用いた手法を提案した。さらに、筋力は筋収縮速度によっても変化するため、実験によりその検討も行った。

筋の数が関節の自由度数よりも多いため、何らかの評価を最適にすることで筋力を計算している。ここでは、膝関節間力を基に最適化問題を設定する方法を提案した。

一方、弾性要素を含む腱駆動機構を用いた下肢パワーアシスト装置を開発し、その制御法を開発した。安価で実用的な装置とするために、ここでは、力センサを用いない手法の開発を行った。

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)

Tommaso Scaletta, Satoshi Komada, and Roberto Oboe, "Development of a Human Assistive Robot to Support Hip Joint Movement During Sit-to-stand Using Non-linear Springs", IEEJ Journal of Industry Applications, Vol. 5, No. 3, pp. 261-266, May 2016, 査読有
DOI: 10.1541/ieejjia.5.261

Satoshi Komada, Shohei Ishida, Daisuke Yashiro, Junji Hirai, and Akinobu Nishimura, "Drawing Methods of Output Force Distribution by Measurement of Sides", IEEJ Journal of Industry Applications, Vol. 5, No. 2, pp. 47-52, Mar. 2016, 査読有
DOI: 10.1541/ieejjia.5.47

駒田諭, 石田翔平, 矢代大祐, 平井淳之, "コサイン調律に基づく肢の出力分布描画と筋力評価手法", 電気学会論文誌 D, Vol. 135-D, No. 10, pp. 1033-1039, Oct. 2015, 査読有
DOI: 10.1541/ieejias.135.1033

[学会発表](計 19件)

Tomoya Ohashi, Kazuhiro Yubai, Daisuke Yashiro, Satoshi Komada, "Determination Method of Optimal Fiber Length of Muscle Groups of Limbs", Proceedings of 4th IEEJ international workshop on Sensing, Actuation, Motion Control, and Optimization, Tokyo, Mar. 6th-8th, 2018

Shuhei Madokoro, Kazuhiro Yubai, Daisuke Yashiro, Satoshi Komada, "Study on estimation of lower limb muscle tension considering Inter-knee joint force", Proceedings of 4th IEEJ international workshop on Sensing, Actuation, Motion Control, and Optimization, Tokyo, Mar. 6th-8th, 2018

Yutaka Fukumori, Kazuhiro Yubai, Daisuke Yashiro, Satoshi Komada, "Development of a Lower Limb Assisting Device Using Tendons", Proceedings of 4th IEEJ international workshop on Sensing, Actuation, Motion Control, and Optimization, Tokyo, Mar. 6th-8th, 2018

Takahiro Kawai, Kazuhiro Yubai, Daisuke Yashiro, Satoshi Komada, Akinobu Nisimura, "Muscle Power Evaluation for 2 Joints of Lower Limbs in Sagittal Plane", Proceedings of 4th IEEJ international workshop on Sensing, Actuation, Motion Control, and Optimization, Tokyo, Mar. 6th-8th, 2018

Takashi Fuyuki, Kazuhiro Yubai, Daisuke Yashiro, Satoshi Komada, "Study on control of power assist device in tendon driven mechanism using elastic element", Proceedings of 4th IEEJ international workshop on Sensing, Actuation, Motion Control, and Optimization, Tokyo, Mar. 6th-8th, 2018

Yosuke Inaba, Daisuke Yashiro, Kazuhiro Yubai, Satoshi Komada, "Controller Design for Power Assist System using Environmental Observer", Proceedings of 4th IEEJ international workshop on Sensing, Actuation, Motion Control, and Optimization, Tokyo, Mar. 6th-8th, 2018

間所修平, 駒田諭, 矢代大祐, 弓場井一裕, "膝関節トルクより推定された筋張力収縮速度特性の相関に関する研究", 電気・電子・情報関係学会東海支部連合大会講演論文集, 名古屋, Aug. 28th, 2017

Yuki Mizutani, Satoshi Komada, Daisuke

Yashiro, Kazuhiro Yubai, Akinobu Nishimura, "Development of Muscular Force Evaluation Method for Lower Limbs based on Output Force Distribution", Proceedings of 3rd IEEJ international workshop on Sensing, Actuation, Motion Control, and Optimization, Nagaoka, Mar. 6th, 2017

Daichi Sugita, Satoshi Komada, Daisuke Yashiro, Kazuhiro Yubai, Sebastien Laporte, "Estimation of Muscle Force Considering Tibiofemoral Joint and Patellofemoral Joint Compressive Forces", Proceedings of 3rd IEEJ international workshop on Sensing, Actuation, Motion Control, and Optimization, Nagaoka, Mar. 6th, 2017

Tomoya Ohashi, Satoshi Komada, Daisuke Yashiro, Kazuhiro Yubai, "Determination Method of Optimal Fiber Length for each Muscle Group", Proceedings of 3rd IEEJ international workshop on Sensing, Actuation, Motion Control, and Optimization, Nagaoka, Mar. 7th, 2017

Takahiro Kawai, Satoshi Komada, Daisuke Yashiro, Kazuhiro Yubai, Akinobu Nisimura, "Accuracy Improvement of Lower Limb Muscle Evaluation Equipment Enabling Separation of Mono- and Bi- Articular Muscles", Proceedings of 3rd IEEJ international workshop on Sensing, Actuation, Motion Control, and Optimization, Nagaoka, Mar. 7th, 2017

Yutaka Fukumori, Satoshi Komada, Daisuke Yashiro, Kazuhiro Yubai, "Development of a 3-joint Low-weight Powered Walk Assist Robot Using Series Elastic Actuators", Proceedings of 3rd IEEJ international workshop on Sensing, Actuation, Motion Control, and Optimization, Nagaoka, Mar. 7th, 2017

稲葉洋介, 矢代大祐, 弓場井一裕, 駒田諭, "ハプティックグローブの計測値に応じて肩関節の動作を保存・再現するアシスト装置の開発", 機械学会ロボティクス・メカトロニクス講演会演論文集, 横浜, Jun. 9th, 2016

大橋知弥, 駒田諭, 弓場井一裕, 矢代大祐, 能勢公貴, "筋骨格モデルを用いた下肢の姿勢に対する筋群トルク変換手法", 平成 28 年電気学会産業応用部門大会論文集, 前橋, Vol. 112-30, pp. 187-192, Sep.

1st-3rd, 2016

Daichi Sugita, Satoshi Komada, Daisuke Yashiro, Junji Hirai, and Sebastien Laporte, "Estimated Muscular Strength of Limbs by Using Bone-on-Bone Stress", Proceedings of 2nd IEEJ international workshop on Sensing, Actuation, Motion Control, and Optimization, pp. 1-2, Mar. 7th-8th, 2016

Yuki Mizutani, Itaru Naito, Satoshi Komada, Daisuke Yashiro, and Junji Hirai, Akinobu Nishimura, "Evaluation of Muscular Power Measurement Equipment of Lower Limbs to Measure Output Force Distribution", Proceedings of 2nd IEEJ international workshop on Sensing, Actuation, Motion Control, and Optimization, Mar. 7th-8th, 2016

Satoshi Komada, Shohei Ishida, Daisuke Yashiro, Junji Hirai, and Akinobu Nishimura : "Drawing Methods of Output Force Distribution by Measurement of Sides," in Proceedings of the first IEEJ international workshop on Sensing, Actuation, and Motion Control (SAMCON2015), IS5-3, pp. 1-4, (2015.3) Invited Paper

Koki Nose, Satoshi Komada, Daisuke Yashiro, and Junji Hirai, "Accuracy Improvement of Functionally Effective Muscle Force for Posture Change of Lower Limbs", Proceedings of 1st International Workshop on Sensing, Actuation, and Motion Control, Mar. 9-10, 2015

Daigo Ito, Satoshi Komada, Daisuke Yashiro, and Junji Hirai, "Comparison of Muscle Tension Estimation Method of Lower Limb in Oval Output Force Distribution", Proceedings of 1st International Workshop on Sensing, Actuation, and Motion Control, Mar. 9-10, 2015

〔図書〕(計 0件)

〔産業財産権〕

出願状況(計 1件)

名称：下肢筋力測定システム
発明者：駒田 諭, 石田 翔平, 平井 淳之
権利者：同上
種類：特許
番号：特願 2015-159360

出願年月日：2015年08月12日
国内外の別：国内

取得状況(計 0件)

名称：
発明者：
権利者：
種類：
番号：
取得年月日：
国内外の別：

〔その他〕
ホームページ等

6. 研究組織

(1) 研究代表者

平井 淳之 (HIRAI, Junji)
三重大学・大学院工学研究科・招へい教授
研究者番号：30345996

(2) 研究分担者

駒田 諭 (KOMADA, Satoshi)
三重大学・大学院工学研究科・教授
研究者番号：10215387

西村 明展 (NISHIMURA, Akinobu)
三重大学・大学院医学系研究科・講師
研究者番号：10508526

(3) 連携研究者

()

研究者番号：

(4) 研究協力者

()