

令和 6 年 6 月 3 日現在

機関番号：14101

研究種目：基盤研究(C)（一般）

研究期間：2020～2023

課題番号：20K11281

研究課題名（和文）3対6筋モデルの足関節への拡張による転倒予防のための評価・改善・支援手法の開発

研究課題名（英文）Development of Evaluation, Improvement, and Support Methods for Fall Prevention by Extending the 3-to-6 Muscle Model to the Ankle Joint

研究代表者

北浦 有紀絵 (Kitaura, Yukie)

三重大学・医学系研究科・リサーチアソシエイト

研究者番号：20860282

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 3,300,000円

研究成果の概要（和文）： 膝関節と足関節の2関節を対象とした、2次元平面に簡易化された5筋モデルに基づく筋力測定システムを開発した。本システムと関節トルク測定装置であるCybexの測定を複数人で行った。開発した筋力評価システムで求めた5筋の筋力を関節トルクに変換して、Cybexとの比較を行った。膝関節と足関節の2関節を対象とした筋力評価装置の改良を行った上で、Cybexとの比較を行った。1つのモータで複数関節を同時にアシストする装置を開発してきた。膝と足関節のアシスト装置は、数式モデルの実験的な検証とアシスト装置の装着による発揮力低減効果を検証した。股と膝のアシスト装置は数式モデルの検証を実験的に行った。

研究成果の学術的意義や社会的意義

今回の筋力評価装置の開発により、下肢の股、膝、足の3関節の2次元平面内での機能別に分類された筋群ごとの筋力評価が実現された。各種下肢運動機能と開発した装置により測定された筋群力の関係性を調査することで、新しい知見が得られる可能性があり、得られた知見を社会問題の解決に応用できる。その一つの活用先としてパワーアシストが有り、その装置開発を進めている。

研究成果の概要（英文）： A muscle force measurement system based on a five-muscle model simplified in a two-dimensional plane was developed for two joints, the knee joint and the ankle joint. Measurements of this system and Cybex, a joint torque measuring device, were performed by several persons. The muscle forces of the five muscles obtained by the developed muscle force evaluation system were converted into joint torques and compared with Cybex.

The muscle force evaluation system for two joints, the knee joint and the ankle joint, was improved and compared with Cybex.

We have developed a device that assists multiple joints simultaneously with a single motor. The knee and ankle joint assist devices have been experimentally verified for the mathematical model and the effect of wearing the assist device on reducing exerted force. Assist devices for the hip and knee joints were experimentally verified for the mathematical model.

研究分野：整形外科

キーワード：筋力評価 アシスト 下肢 筋骨格モデル

様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

超高齢社会においては高齢者ができ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、予防トレーニングが推奨されている。

人の歩行においては足の前後方向の運動が主に行われ、それに適した膝と股関節の2関節を対象とした2次元平面に簡易化された3対6筋モデルがある。本研究グループでは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、歩行には足関節を含む3関節が関係し、歩行に関する筋力を正確に評価するためには、股関節、膝関節、足関節も含めた3関節に対して一関節筋と二関節筋を分離した筋力評価手法が必要である。

2. 研究の目的

これまでの手法を人間の歩行で重要な足関節へと拡張を行い、ロコモ予防の高度化を実現することを目指している。そのために、新たに膝と足関節の筋力評価装置の開発を行う。さらに、高齢者が気軽に使用できるようにするために、少数のアクチュエータで簡易にアシストが可能な装置を開発する。これにより高齢者の転倒を予防するシステムの実現を目指す。

3. 研究の方法

足関節を含めた下肢筋力評価システムの開発:

下肢の筋力評価システムを新たに開発する。これまでに、股と膝の3対6筋モデルに基づく筋力評価システムを開発を行ってきた。本システムは肢先端力測定のための力センサを搭載した装置と、力センサの値を取り込んでデータ処理を行い、処理結果のリアルタイム表示を行うコンピュータからなる。一方、歩行には股関節と膝関節だけでなく足関節も関連している。そこで、これまで開発してきた手法を足関節も含めた筋力評価手法に拡張する。まずは、3対6筋モデルを足関節を含めたモデルに拡張する。次に、高齢者に適したインターフェイスを備えたシステムとして実現する。さらに市販の筋力評価装置による測定結果と比較検討する。

下肢3関節の歩行アシスト装置の開発:

これまでに非線形バネを用いた腱駆動機構のアシスト装置を開発したが、これを膝と足関節のアシストに拡張する。腱駆動機構はワイヤで関節を駆動するため、生体筋骨格のように二関節筋構造を容易に実現できる。ここでは、最小限のモータ数で歩行時の支持脚の股関節、膝関節、足関節のアシストが可能な装置を開発する。各関節のアシスト量は、モータの角度、非線形バネのパラメータ、関節のプーリー半径により決定する。さらに、歩行時のアシストの効果を検証する。

4. 研究成果

足関節と膝関節の筋力評価システムの開発:

膝と足関節の2関節の筋力測定システムの開発を行った。これにより膝関節と足関節の2次元平面での5筋モデルでの筋力評価が可能となった。

開発した膝と足関節の筋力評価システムの体の固定方法を改善することで、他の測定手法の結果との相関が高まることを確認し、本装置に不慣れた被験者で測定を行い問題点を洗い出した。

膝関節と股関節の筋力評価システムの改良:

これまでに、股関節と膝関節の2関節を対象とした2次元平面に簡易化された3対6筋モデルに基づく筋力測定システムを開発を行ってきた。本システムは片足のみの測定を行う装置であったが、非測定側の足の状態によって測定側の測定結果に影響があることが判明した。そこで、非測定側の状態を把握できる装置に改良した。

令和3年度に実施予定の大台町での高齢者の疫学調査は新型コロナウイルスの影響で延期となり、令和4年度に本装置を用いた多人数測定を行った。測定を通して、体幹に対する指示を被験者に与えることで、力発揮がうまくいくことが分かり、他の測定結果との相関が高まった。

筋力評価システムの測定結果とCybexの測定結果の比較:

以上のように、股関節と膝関節の2関節を対象とした2次元平面に簡易化された6筋モデルに基づく筋力測定システムと、膝関節と足関節の2関節を対象とした2次元平面に簡易化された5筋モデルに基づく筋力測定システムを開発を行ってきた。これらの筋力評価システムと関節トルク測定装置であるCybexの測定を複数人で行い、比較結果に基づく装置の改良を行った。

開発している筋力評価システムでは求めた 6 筋または 5 筋の筋力を関節トルクに変換して、Cybex との比較を行った。測定システムの改良によりある程度近い筋力測定結果が得られた。ユーザインターフェイスの変更、構造の変更、計算処理の変更、被験者を固定するベルトの変更、被験者への指示の変更等を行うことで測定システムの改善を行った。

下肢 3 関節の歩行アシスト装置の開発：

これまでに非線形バネを用いた腱駆動機構のアシスト装置を開発したが、本研究では膝と足関節を 1 つのモータで同時にアシストする装置を開発した。ここで開発した装置は、モータやブリーをベルトで固定し、それらをつなげるリンクが存在しない。そのため、脱着が容易で、軽量となる。開発した装置の実験を行うことで、本装置のアシストに対する効果を確認した。

膝と足関節を 1 つのモータで同時にアシストする装置の動力学モデルの導出を行い、その制御手法の検討を行った。初年度に開発した膝と足関節を 1 つのモータで同時にアシストする装置の機構のパラメータを決定することを目的に、人間のシミュレーションを行う OpenSim を用いてアシスト装置を装着した人間の歩行を再現した。

膝と足関節のアシスト装置に関しては、数式モデルの実験的な検証とアシスト装置の装着による発揮力低減効果を検証した。股と膝のアシスト装置に関しては数式モデルの検証を実験的に行った。

足関節トルク推定手法の開発：

足関節において時変弾性係数を用いたモデルによる関節角度を考慮したトルク推定手法を提案し、実験によりその有効性を示した。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計0件

〔学会発表〕 計7件（うち招待講演 0件 / うち国際学会 4件）

1. 発表者名 Hiroyuki Takai, Daisuke Yashiro, Kotaro Takeda, Kazuhiro Yubai, and Satoshi Komada
2. 発表標題 Elastic Torque-Angle Characteristics Using Time-Varying Elastic Coefficient During Passive Plantar and Dorsiflexion
3. 学会等名 10th IEEJ International Workshop on Sensing, Actuation, Motion, Control and Optimization (国際学会)
4. 発表年 2024年

1. 発表者名 渡邊 晃康, 駒田 諭, 小山 昌人
2. 発表標題 歩行中の蹴り出し動作のための足・膝関節単動力アシスト装置の研究
3. 学会等名 令和5年度電気・電子・情報関係学会東海市東海支部連合大会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 Akiyasu Watanabe, Mitsunori Ariga, Satoshi Komada, Masato Koyama
2. 発表標題 Mathematical modeling and validation of output torques and dynamics for a knee/ankle assistive device using a single actuator
3. 学会等名 49th Annual Conference of the IEEE Industrial Electronics Society (国際学会)
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 Tatsuya Okada, Masato Koyama and Satoshi Komada
2. 発表標題 Validating and Improving the Modeling of Wire Tension Direction of Walking Assistive Device with Single Actuated Wire Driven Mechanism
3. 学会等名 10th IEEJ International Workshop on Sensing, Actuation, Motion, Control and Optimization (国際学会)
4. 発表年 2024年

1. 発表者名 堀川航平, 駒田諭
2. 発表標題 下腿出力測定装置を用いた機能別実効筋力評価
3. 学会等名 健康福祉システム開発研究会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 柏昂佑, 小山昌人, 駒田諭
2. 発表標題 単動力腱駆動機構を用いた歩行アシスト装置に関する研究
3. 学会等名 健康福祉システム開発研究会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Kosuke Kashiwa, Masato Koyama, Satoshi Komada
2. 発表標題 Design of single-powered tendon drive mechanism for walking assist device
3. 学会等名 2020 21st International Conference on Research and Education in Mechatronics (REM) (国際学会)
4. 発表年 2020年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究 分担 者	駒田 諭	三重大学・工学研究科・教授	
	(Komada Satoshi)		
	(10215387)	(14101)	

6. 研究組織（つづき）

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究分担者	西村 明展 (Nishimura Akinobu) (10508526)	三重大学・医学系研究科・寄附講座講師 (14101)	
研究分担者	小山 昌人 (Koyama Masato) (50804473)	三重大学・工学研究科・助教 (14101)	

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関