

令和 6 年 6 月 28 日現在

機関番号：43949

研究種目：若手研究

研究期間：2020～2023

課題番号：20K19403

研究課題名（和文）一自由度自動機械による三次元的な足部背屈ストレッチング方法の確立

研究課題名（英文）Producing of a three-dimensional foot stretching using a one-degree-of-freedom machine

研究代表者

山田 南欧美（Yamada, Naomi）

愛知医療学院短期大学・理学療法専攻・講師

研究者番号：40779071

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 3,200,000円

研究成果の概要（和文）：足部ストレッチング機器が三次元的に下腿を伸張できているかを調査するため、本研究では、足部の背屈ストレッチング中に後脛骨筋の伸張度を評価する方法を検討した。下腿後面深層をらせん状に走行する後脛骨筋を超音波画像診断装置で撮像し、背屈角度毎の変化を確認した結果、背屈角度が増えるにつれ、筋横断面積が小さくなった。これにより、筋横断面積の変化を確認することで、後脛骨筋の伸張度を評価できる可能性が示された。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究において、機械運動軸を変更できる装置の作製および足部背屈ストレッチング中の後脛骨筋伸張度測定方法の検討を行うことができた。機械運動軸を変更するだけで足部を三次元的に制動できれば、複雑な治療を安価な機器で再現することが可能になる。また、これまで方法が確立されていなかった後脛骨筋伸張度測定に有効な指標が明らかになったことは、ストレッチング機器の開発においても、臨床における治療効果の検証においても大きな一助となり得る。

研究成果の概要（英文）：To reveal whether foot stretching machine can stretch the foot three-dimensionally, this study challenged to develop a method to evaluate the degree of stretch of the tibialis posterior muscle during dorsiflexion stretching. The tibialis posterior muscle, which runs spirally, that is three-dimensionally, in the deep layer of the posterior of the lower leg, was imaged using an ultrasound imaging system and changes of the muscle while dorsiflexion was investigated. As the results, as the dorsiflexion angle increased, the cross-section area of the muscle decreased. This demonstrated the possibility of evaluating the degree of stretch of the tibialis posterior muscle by investigating changes in the muscle cross-section area.

研究分野：リハビリテーション工学

キーワード：ストレッチング機器 足部ストレッチング 自動化 機器開発

様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

足部には解剖学的に複数の関節が存在し、多数の筋が共働することで複雑な運動を可能にする。しかし、何かしらの障害によって下肢筋緊張のアンバランスが生じると、足部の変形や異常な運動パターンが出現し、運動制限・可動域制限を引き起こす。このような症状に対し、臨床では、足部の複雑な構造を理解した療法士が徒手的に治療を行うことが多く、療法士による施術で一定の効果が示されている。この徒手ストレッチングの自動化を目指し、私はこれまで研究を重ねている。

臨床では、療法士が対象者の筋の伸張度や関節の柔軟性を感じ取りながら、加える力の大きさや方向を調整して足部背屈ストレッチングを行う。よって、徒手ストレッチング手技を機器開発に生かすため、理学療法士の痙性麻痺患者に対する足部背屈の徒手ストレッチング手技を詳細に調査した¹⁾。その結果、療法士は単に背屈方向へ力を加えているだけでなく、足部外転方向や内反方向にも力を加えて、三次元的に足部を制動していることを示してきた²⁾。これを基に、解剖学的に同時に生ずるといわれている、足部背屈・外転・外がえしを三次元的に同時に行って足部を持続伸張するシステムと、簡易版として底背屈方向への一自由度で自動に足部を背屈して持続伸張するシステムとを作製し、それぞれのストレッチング効果について調査してきた。そして、一自由度のシステムでも足部が三次元的に制動され、場合によっては療法士の徒手手技と遜色無い効果が得られていることを突き止めた。一自由度でも足部の三次元的制動が行えるよう機械を改良することができれば、臨床で行われるような三次元的な足部背屈ストレッチングを単純な機構で実施することが可能となる。

2. 研究の目的

これまで、一自由度機械による足部背屈運動で、動作中の足部の動きを詳細に調査した先行研究は存在しない。一自由度の自動機械で、多自由度の足部を的確に制動し、十分に伸張するためには、機械側の運動軸がどの位置にあれば足部が三次元的に制動されるのかを明らかにする必要がある。よって本研究では、実際に一自由度の自動機械で足部が背屈ストレッチングされる際の、足部制動方向や、皮下に存在する下腿後面筋群が三次元的に伸張されているかを調査する。そして、一自由度機械の運動軸位置と足部三次元制動の関係性を明らかにすることで、一自由度でも足部を三次元的に伸張する方法を確立する。

3. 研究の方法

(1) 機械運動軸を変更することができる足部背屈ストレッチング機器の作製

これまでの研究で使用していた一自由度の足部背屈機械は市販の足部自動運動機器を改造して作製したものであり、運動軸を変更することができないものであった。また、下腿後面部に装置の部品があり、ストレッチング最中のエコー撮影が出来ない構造であった。そこで、運動軸を変更することのできる一自由度の足部背屈ストレッチング機器を新しく作製した。

(2) ストレッチング中の下腿後面筋群の伸張度を測定する方法の確立

本機器のストレッチング対象筋は、下腿後面筋群である。表層に位置する腓腹筋については筋腱移行部の移動量を超音波画像診断装置(以下、エコー装置)で撮像・計測することで伸張度を測定する方法が確立している。一方で、深層にある後脛骨筋、長母指・長趾伸筋の伸張度の測定方法は未だ確立されていない。下腿後面深層をらせん状に走行するこれらの筋は、三次元制動で十分に伸張されることが予測されることから、本研究では後脛骨筋に着目し、この伸張度を測定する方法の確立を目指した。

4. 研究成果

(1) 機械運動軸を変更することができる足部背屈ストレッチング機器の作製

本研究で作製した、機械運動軸が変更可能な足部背屈ストレッチング機器を図1に示す。この機器は、足底板に付いている紐を牽引することで、回転軸を中心に足底板が動き足関節背屈が起きる仕組みになっている。足関節背屈角度は、あらかじめ装置に装着されているクリア板に記載されている角度に足底板を合わせることで調整できる。足底板を牽引する紐には、ハンドヘルドダイナモメーター(徒手筋力計モービィ、酒井医療株式会社)を接続し、ハンドヘルドダイナモメーターの値を確認しながら牽引することで、牽引力が角度間及び被験者間で差が生じないように配慮ができる。

1) Yamada Nら; Proceedings of IEEE/SICE-SII, 2014. 2) 山田南欧美ら; 理学療法科学, 2016.

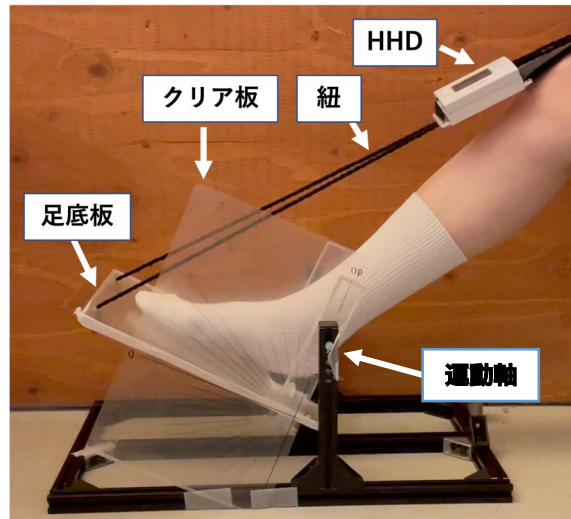


図1 簡易版自動背屈装置

*HHD:ハンドヘルドダイナモメーター

(2) ストレッチング中の下腿後面筋群の伸張度を測定する方法の確立

若年健常者 12 名の左右後脛骨筋を対象に、方法(1)で作製した簡易版自動背屈装置で足部を背屈した際の後脛骨筋の筋厚および筋断面積の変化を調査した。後脛骨筋の評価には超音波画像診断装置 (ARIETTA Prologue, 株式会社日立製作所) を使用し、その画像から後脛骨筋の筋厚および筋断面積を算出した(図2)。後脛骨筋がどの高さで筋から腱に移行するかが不明であったため、撮影位置を腓腹筋内側頭の筋腱移行部の高さとして、下腿遠位部の内果下端より 10 cm 上の高さの 2 か所とした。

対象 24 筋のうち、画像が不鮮明であった画像等を除き、2 か所の撮影位置で測定した筋断面積・筋厚の結果を比較した。

その結果、MTJ の位置で測定した場合も、内果 10 cm 上の位置で測定した場合も、背屈するにつれて、筋断面積が減少傾向、筋厚が増加傾向にある筋が最も多かった。本来筋が伸張された場合は筋断面積・筋厚ともに減少することが予測されるが、足部背屈中の後脛骨筋においては、すぐ隣に位置する長母指屈筋や長趾屈筋に左右から押しつぶされ、その結果筋厚が増えていく様子がエコー画像から確認された。よって、後脛骨筋の伸張度測定のためには筋横断面積の変化を確認していくことが有効であると考えられた。

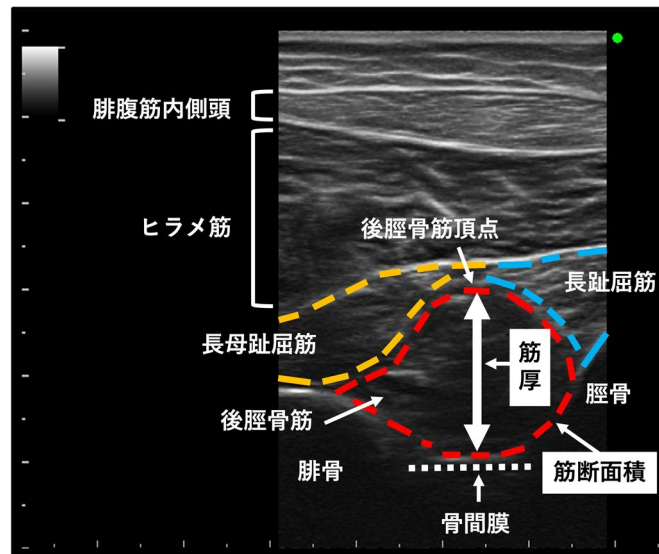


図2 後脛骨筋の筋断面積・筋厚の計測方法

(3) 今後の展望

本研究において、機械運動軸を変更できる装置の作製および足部背屈ストレッチング中の後脛骨筋伸張度測定方法の検討を行うことができた。ただ、MTJ の位置と内果 10 cm 上の位置のどちらの方が撮像に向いているかまでは断定できなかった。また、機械運動軸を変化させながら下腿後面筋群の伸張度を確認するまでに至らなかった。そのため、引き続き検討を重ね、一自由度機械において足部を三次元的に制動できるのか、そして三次元的に走行する下腿深層筋を伸張できているのか、明らかにしていく。これが達成されれば、実用的かつ治療効果の高い足部背屈ストレッチング機器を完成させ、未だ市販事例のない足部背屈ストレッチング機器を初めて市場に投入する道筋をつけることができる。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計2件（うち査読付論文 2件/うち国際共著 0件/うちオープンアクセス 2件）

1. 著者名 Yamada Naomi, Okamoto Shogo, Akiyama Yasuhiro, Yamada Yoji	4. 巻 32
2. 論文標題 Principal motion analysis of manual stretching techniques for the ankle joints	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Journal of Physical Therapy Science	6. 最初と最後の頁 584 ~ 590
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1589/jpts.32.584	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 Yamada Naomi, Okamoto Shogo, Shiraiishi Yuma, Hashimoto Senri, Akiyama Yasuhiro, Yamada, Yoji	4. 巻 33
2. 論文標題 Machine-assisted foot stretching in the elderly: a comparison with self-stretching	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Journal of Physical Therapy Science	6. 最初と最後の頁 179 ~ 186
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1589/jpts.33.179	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

〔学会発表〕 計2件（うち招待講演 0件/うち国際学会 2件）

1. 発表者名 Naomi Yamada, Shogo Okamoto, Yukiko Fuwa, Yasuhiro Akiyama, and Yoji Yamada
2. 発表標題 Effect of 4 weeks of foot stretching with an automatic stretching machine: a case report
3. 学会等名 IEEE International Conference on Intelligence and Safety for Robotics (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Senri Hashimoto, Naomi Yamada, Shogo Okamoto, Yuma Shiraiishi, Yasuhiro Akiyama, and Yoji Yamada
2. 発表標題 Effect of Static Stretching Using Foot Stretching Device in the Elderly: An Interim Report
3. 学会等名 IEEE Global Conference on Consumer Electronics (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
--	---------------------------	-----------------------	----

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
---------	---------