

令和 5 年 6 月 14 日現在

機関番号：20101

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2018～2022

課題番号：18K10784

研究課題名(和文) 神経筋機能と機械的特性を考慮した膝関節屈筋包括的力発揮能力評価方法の開発

研究課題名(英文) Development of a comprehensive force capacity assessment method for knee flexor muscles considering neuromuscular function and mechanical properties.

研究代表者

青木 信裕 (Aoki, Nobuhiro)

札幌医科大学・保健医療学部・助教

研究者番号：20554653

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)：当該研究は、磁気刺激を用いた神経筋機能計測と超音波エラストグラフィを用いた機械的特性計測を統合した新規的な膝関節屈筋の力発揮能力評価方法を開発することを目的とした。経皮的磁気刺激を用いて坐骨神経を刺激し、膝関節屈筋の神経筋機能を定量的に評価する手法に加え、筋の機械的特性についても統合して評価することで新規的な力発揮能力評価を行う研究である。

研究機関全体を通じて、膝関節屈筋の力発揮能力評価として神経筋機能計測を重点的に実施した。磁気刺激を用いた検討と筋内の活動部位差を運動課題中に実施することで、詳細な表面筋電図検討を行うことによる新規的な評価方法につながる基礎的情報を整理した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

健康な対象者、下肢障害の既往者における力発揮能力の神経筋機能について検討し、ハムストリングと呼ばれる膝関節屈筋の詳細な力発揮能力評価の基礎的情報について明らかとした。このことは、スポーツ障害だけでなく脳卒中片麻痺症例や高齢者の膝関節屈筋機能について詳細に評価する方法の開発に発展できる可能性がある。また、膝関節屈筋だけでなく全身の骨格筋について詳細な筋機能評価方法の再考を行う一助となる可能性がある。

研究成果の概要(英文)： The purpose of this study was to develop a novel method for evaluating the ability of knee flexors by integrating neuromuscular function measurement using magnetic stimulation and mechanical property measurement using ultrasound elastography. In addition to the quantitative evaluation of neuromuscular function of the knee flexor muscle by stimulating the sciatic nerve with transcutaneous magnetic stimulation, this research integrates the evaluation of mechanical properties of the muscle to develop a novel method for evaluating the ability to exert force.

We focused on neuromuscular function measurement as a method of evaluating the ability to exert force in the knee flexor muscles. By examining the use of magnetic stimulation and spatial distribution of neural activation pattern during exercise tasks, we organized the basic information that would lead to a novel evaluation method by conducting detailed surface electromyography studies.

研究分野：理学療法学

キーワード：ハムストリング 神経筋活動 機械的特性 磁気刺激 超音波エラストグラフィ 理学療法学

1. 研究開始当初の背景

膝関節屈筋であるハムストリングは多くの疾患で問題が生じ、リハビリテーションの対象となる筋である。膝関節屈筋を構成する筋は、各筋の解剖学的特徴を考慮すると関節運動時に機能を分担して活動していることが考えられており、等尺性膝関節屈曲運動時において筋電図学的に報告されている (Mohamed, Clin Bionmech, 2002 など)。しかし、膝関節屈筋が力発揮する能力には、筋の運動単位の動員の様子である神経筋機能だけでなく、動員された筋線維が力を伝達して関節トルクを生成する過程が存在する。そのため、我々の新規的な手法である神経筋機能と合わせて筋の機械的特性を計測し、統合した力発揮能力を評価する必要がある。

骨格筋による力発揮には、骨格筋内の運動単位の振る舞いである神経筋機能と発揮された筋張力を効率よく関節トルクに変換させるための機械的特性が関与している。トレーニングや筋損傷による力発揮能力の変動が、神経筋機能と機械的特性のどの要因によって生じているかを定量的に評価するにはどのような手法があるか。この問いに答えることは対象者の筋力低下および筋力向上がどの機能が関与した変化であるかを明らかにすることに繋がり、筋力強化練習を実施する際に治療ターゲットを明確にすることが可能となる。

2. 研究の目的

本研究では、膝関節屈筋の力発揮能力を評価する方法として、神経筋機能計測と機械的特性計測を統合した新規的な力発揮能力評価方法を開発することを目的とした。

3. 研究の方法

(1) 経皮的磁気刺激を用いた神経筋機能計測

これまでに我々が行ってきた経皮的磁気刺激を殿部に用いた坐骨神経刺激による単収縮補間法により、随意収縮中の膝関節屈筋について随意的動員度と生理的的最大張力を算出した。膝関節屈曲角度を 15°、60°、105°として筋長を変化させたときの随意的動員度と生理的的最大張力を計測することで、生理的に発揮できる力に対する随意的に発揮できる力の割合を神経筋機能として計測した。

(2) 超音波エラストグラフィ法を用いた機械的特性計測

超音波エラストグラフィ法を用い、膝関節屈筋の等尺性収縮時の筋弾性率を計測した。神経筋機能計測と同様に膝関節屈曲角度 15°、60°、105°として多段階強度で等尺性収縮をさせたときの筋弾性率を半腱様筋、半膜様筋、大腿二頭筋から計測した。多段階強度で得られた筋弾性率の変化量を機械的特性の指標として計測した。

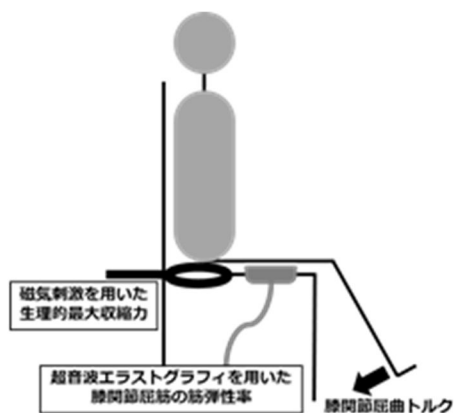


図1 実験風景

4. 研究成果

(1) 経皮的磁気刺激を用いた神経筋機能計測

神経筋機能計測の詳細な結果を検討するために、成人男女を対象に最大随意収縮課題と単収縮補間法を行った。その結果、随意的に発揮できる心理的境界と比較して磁気刺激によって誘発された張力から推測した生理的境界が有意に高値を示した (図 2)。このことから、膝関節屈筋において随意収縮では発揮しきれない生理的境界を有する可能性があることが考えられる。

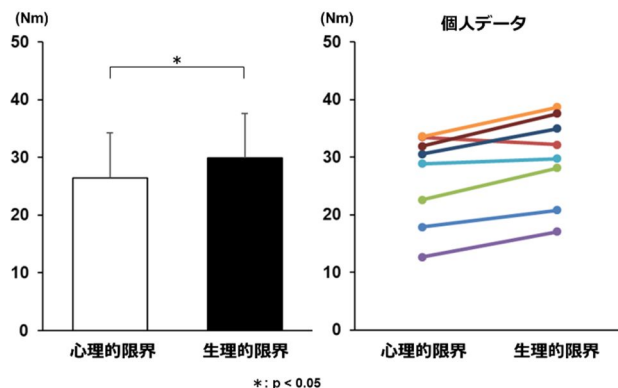


図2 膝関節屈曲トルクの心理的境界と生理的境界

また、健康な成人および下肢に障害の既往を有する成人を対象に、最大随意収縮課題と単収縮補間法を行った。その結果、心理的限界である膝関節最大屈曲トルク体重比は既往群で有意に低値を示したが、最大屈曲トルクに対する生理的限界の割合では既往群で有意に高値を示した(図3)。このことから、障害の既往により生理的限界張力に対して随意的に発揮できる筋力が低下する可能性があり、随意収縮による筋力だけを評価すればよいのではないことが考えられる。

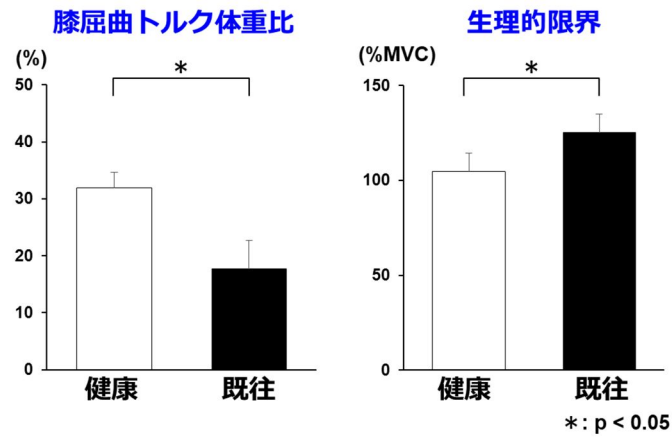


図3 障害の既往による膝関節屈曲トルク体重比と生理的限界

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計1件（うち査読付論文 1件/うち国際共著 0件/うちオープンアクセス 0件）

1. 著者名 青木信裕、片寄正樹	4. 巻 8
2. 論文標題 膝関節屈曲運動中のハムストリング筋活動と膝関節回旋運動の関係	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 札幌保健科学雑誌	6. 最初と最後の頁 21-26
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.15114/sjhs.8.21	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

〔学会発表〕 計5件（うち招待講演 0件/うち国際学会 1件）

1. 発表者名 Nobuhiro Aoki, Masaki Katayose
2. 発表標題 Examining the history of lower limb disorders and physiological and psychological limitations of knee flexion strength using percutaneous magnetic stimulation
3. 学会等名 Congress of the International Society for Electrophysiology and Kinesiology 2020（国際学会）
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 青木信裕、片寄正樹
2. 発表標題 経皮的磁気刺激を用いた下肢障害の既往と膝屈曲筋力の生理的・心理的限界の検討
3. 学会等名 第74回日本体力医学会大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 青木信裕、片寄正樹
2. 発表標題 磁気刺激を用いた膝関節屈曲筋力における生理的・心理的限界の解明
3. 学会等名 第24回日本基礎理学療法学会学術大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 青木信裕、奥山恵伍、片寄 正樹
2. 発表標題 筋疲労状態におけるハムストリングスの局所的な神経筋調節機構の解明
3. 学会等名 第21回日本電気生理運動学会大会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 青木信裕、奥山恵伍、片寄 正樹
2. 発表標題 ハムストリングスの筋疲労が最大随意収縮中の筋 活動部位特異性に及ぼす影響
3. 学会等名 第9回日本スポーツ理学療法学会学術大会
4. 発表年 2022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	谷口 圭吾 (Taniguchi Keigo) (90381277)	札幌医科大学・保健医療学部・教授 (20101)	

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