

令和元年6月24日現在

機関番号：20101

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2015～2018

課題番号：15K16358

研究課題名(和文)磁気刺激を用いた膝関節屈筋機能評価方法の開発

研究課題名(英文)Development of knee joint flexor function evaluation method using magnetic stimulation

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) 3,100,000円

研究成果の概要(和文)：本研究の目的は、磁気刺激を用いて膝関節屈筋機能を評価する新規的な方法を開発することとした。今回行う方法として、磁気刺激を用いて膝関節屈筋の生理的・心理的限界張力を評価した。その結果、磁気刺激の再現性を高く実施することが可能であり、同一被験者内においては安定して計測することが可能であった。また、誘発される収縮力と坐骨神経深度や体格には統計学的に有意な関係は認められず、本研究の実験方法を採用できる対象者については検討を重ねる必要が考えられる。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究では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を評価する方法として、磁気刺激を用いた新しい方法の開発を行った。その結果、我々の方法を用いることで詳細な力発揮能力を評価することができる対象者が存在した。ハムストリングは、スポーツ障害や高齢者、脳卒中片麻痺症例で運動障害の一因となる筋であるが、これまで深く研究されてきていない。本研究結果が、ハムストリングの機能を調査する研究の基礎的情報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 to evaluate knee flexor function using magnetic stimulation. The purpose of this study was to develop a novel method to evaluate knee flexor function using magnetic stimulation. The purpose of this study was to develop a novel method to evaluate knee flexor function using magnetic stimulation. The purpose of this study was to develop a novel method to evaluate knee flexor function using magnetic stimulation.

研究分野：理学療法学

キーワード：磁気刺激 ハムストリング 生理的限界 単収縮補間法 坐骨神経

様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19、CK - 19 (共通)

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、半腱様筋、半膜様筋、大腿二頭筋から構成され、多くの疾患のリハビリテーションにおいて問題が生じる筋である。若年者においては、ランニング動作における筋損傷において、膝関節屈筋である大腿二頭筋、半膜様筋は好発部位である。また、膝関節の重篤なスポーツ障害である膝前十字靭帯損傷後の再建術では半腱様筋を採取するため、その機能不全がスポーツ復帰への阻害因子となる。膝関節屈筋は二関節筋であり、膝関節屈曲運動と股関節伸展運動に作用する。以前から、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. Kubota, Electromyogr Clin Neurophysiol, 2009 など)。しかし、膝関節屈筋を構成する各筋が有する詳細な機能は明らかではない。この原因として、膝関節屈筋の支配神経である坐骨神経を刺激して筋収縮を誘発できないことが一因であると考えられる。

これまでの研究から、膝関節屈筋を構成する筋は、心理的限界張力よりも高い生理的限界張力を有していることが予想されたが、その詳細について計測方法に限界があり検討することができていなかった。また、筋長の影響を考慮する必要があることから、関節角度の違いによる力発揮能力の違いについて検討が必要であると考えられる。

2. 研究の目的

坐骨神経への経皮的磁気刺激を用いて、膝関節屈筋の生理的限界張力と心理的限界張力を定量的に評価する方法を明らかにする。このときに股関節角度と膝関節角度を操作することで膝関節屈筋の筋長を変化させ、膝関節屈筋の筋長が生理的・心理的限界張力に及ぼす影響を解明する。また、健康な対象者と運動経験がある対象者を評価することで、運動が膝関節屈筋の筋出力向上に及ぼすメカニズムについて探索する。

3. 研究の方法

(1) 経皮的磁気刺激を用いた坐骨神経刺激実験

膝関節屈筋から誘発筋電図を導出するために、磁気刺激装置を用いた坐骨神経刺激を実施した。膝関節屈筋は坐骨神経が支配する筋であり、支配神経が体表から深部を走行する。電気刺激では坐骨神経に刺激することが困難であり、本研究では磁気刺激を用いて殿部を刺激することにより、膝関節屈筋から誘発筋電図を導出した。今回は、図1のように股関節・膝関節角度を変化させることができる座位装置を作成し、磁気刺激を行った。刺激部位は、対象とする膝関節屈筋から最も大きな誘発筋電図が得られる部位とし、大型円形コイルを用いて磁気刺激を行った。コイルの位置はレーザーセンサを用いることで、常に同じ状態で刺激ができるようにする。刺激強度は、刺激装置の最大出力の100%とした。このとき、刺激強度を10~100%に変化させ、刺激によって得られる収縮力が一定に達する被験者を取り込むこととした。刺激部位の坐骨神経の深度を超音波画像診断装置で計測し、得られた誘発筋電図・収縮力と坐骨神経深度との関係についても検討した。

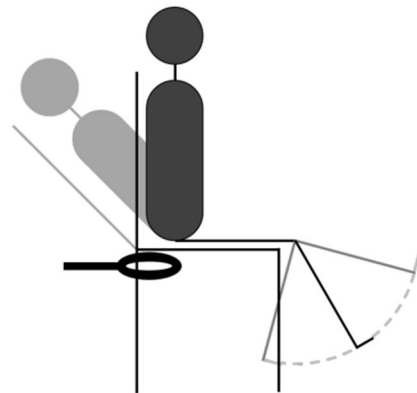


図1 磁気刺激時の実験風景

(2) 磁気刺激を用いた生理的・心理的限界張力の評価実験

磁気刺激を用いた坐骨神経刺激方法を用いて単収縮補間法(Belanger, J Appl Physiol, 1981)を行い、随意収縮中の膝関節屈筋について随意的動員度を算出した。この方法を用いることで、対象とする筋が全ての運動単位を動員したときの収縮力 (= 生理的限界張力) を算出した。心理的限界張力は、最大随意等尺性収縮時に得られる収縮力とした。

4. 研究成果

(1) 経皮的磁気刺激を用いた坐骨神経刺激実験

磁気刺激方法の検討を15名で行った結果、今回の磁気刺激方法で膝関節屈曲の誘発収縮力がプラトーに達したものは11名であった(図2)。磁気刺激によって誘発された収縮力と坐骨神経の深度や体格との関係を検討した結果、すべての検討項目で統計的に有意な関係は認められなかった(図3)。このことから、我々がやっている磁気刺激方法で誘発される収縮力は坐骨神経の深度や体格とは関係がない可能性がある。

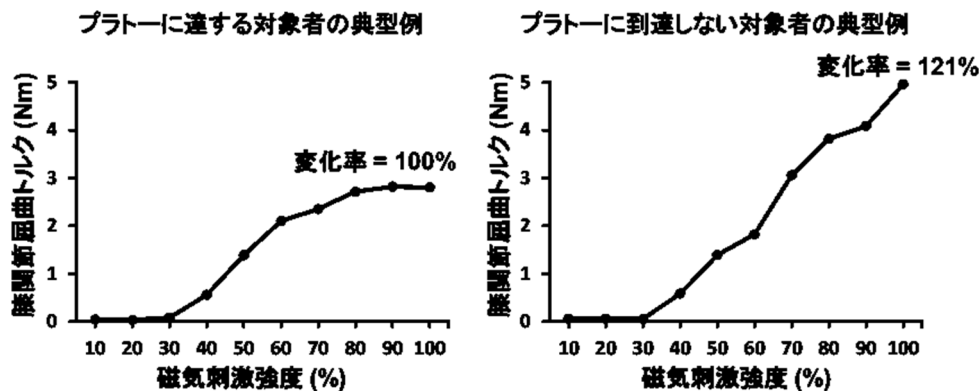


図2 磁気刺激による刺激強度と誘発される膝関節屈曲トルク

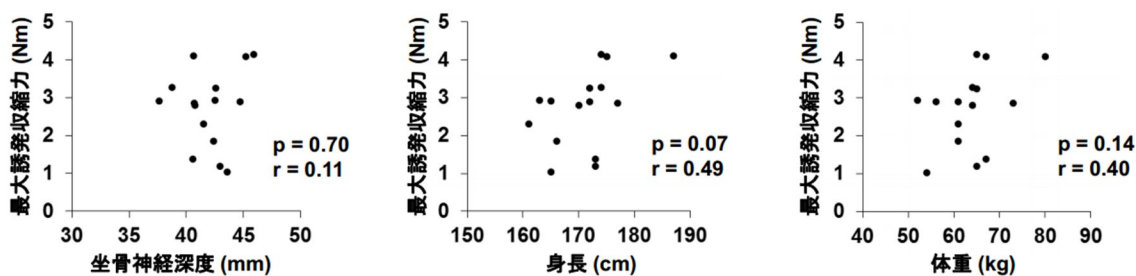


図3 磁気刺激による最大誘発収縮力と坐骨神経深度・体格の関係

(2) 磁気刺激を用いた生理的・心理的限界張力の評価実験

磁気刺激を用いた単収縮補間法を行った結果、多くの対象者において膝関節屈曲力において心理的限界よりも生理的限界が高値であった。このことから、本研究の方法を用いることで、膝関節屈曲運動時の詳細な力発揮能力を評価することができる可能性が示唆された。その一方で、すべての対象者で同様の結果ではなかったことから、本研究の実験方法が採用できる対象者の条件については、検討を重ねる必要があることが考えられる。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕(計2件)

青木信裕、金子文成、片寄正樹、半腱様筋の選択的筋疲労がハムストリング筋活動に及ぼす影響、札幌保健科学雑誌、5巻、2016、45-52

宮崎輝光、青木信裕、片寄正樹、選択的筋疲労条件を用いた走行遊脚期後半におけるハムストリングの脚振り出し制動機能の探索、理学療法科学、32巻、2017、639-643

〔学会発表〕(計7件)

青木信裕、金子文成、片寄正樹、磁気刺激を用いた半腱様筋選択的疲労時における膝関節屈曲力特性の解明、第50回日本理学療法学会大会、2015年6月5日、東京国際フォーラム(東京都)

青木信裕、金子文成、片寄正樹、坐骨神経に対する経皮的磁気刺激強度が誘発筋電図および収縮力に及ぼす影響、第70回日本体力医学会大会、2015年9月18日、和歌山県民文化会館(和歌山県・和歌山市)

青木信裕、金子文成、片寄正樹、経皮的磁気刺激を用いた坐骨神経刺激方法の検討 坐骨神経の最大上刺激に着目して、第2回日本基礎理学療法学会 日本基礎理学療法学会第20回学会大会 合同学会、2015年11月14日、神奈川県立保健福祉大学(神奈川県・横須賀市)

青木信裕、渡邊航平、片寄正樹、半腱様筋の腱画近位部と遠位部における筋活動特性、第43回日本臨床バイオメカニクス学会、2016年10月8日、北海道立道民活動センターかでの2・7(北海道・札幌市)

青木信裕、片寄正樹、経皮的磁気刺激による誘発収縮力に及ぼす身体特性の検討、第72回日本体力医学会大会、2017年9月17日、松山大学（愛媛県・松山市）

青木信裕、片寄正樹、坐骨神経の深度が経皮的磁気刺激による誘発収縮力に及ぼす影響、第52回日本理学療法学会大会、2017年5月13日、幕張メッセ（千葉県・千葉市）

Aoki N, Tanaka V, Katayose M, Correlation between the hamstrings muscle activities and the knee rotation angle during isometric knee flexion, 22nd annual Congress of the European College of Sport Science, 2017年7月6日、Essen (Germany)