

平成 30 年 6 月 15 日現在

機関番号：22101

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2015～2017

課題番号：15K01422

研究課題名(和文) 脳卒中片麻痺者が立ち上がる際に股関節内転筋は有効に利用されているのか？

研究課題名(英文) Effect of hip adductor muscles as an antigravity muscle during standing movement such as pattern of stroke patients.

研究代表者

滝澤 恵美 (Takizawa, Megumi)

茨城県立医療大学・保健医療学部・准教授

研究者番号：70325976

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 2,900,000円

研究成果の概要(和文)：抗重力動作における股関節内転筋の役割を検討するために、内転筋が発揮する股関節伸展筋トルクを大殿筋やハムストリングスと比較した。抗重力動作としてスクワット動作を選択した。三次元的に運動データと床反力データを収集し、筋骨格モデル(SIMM)を用いて各筋の伸展筋トルクを推定した。大殿筋と大内転筋は、ハムストリングスよりもより大きな伸展筋トルクを発揮した。大内転筋の抗重力機能はハムストリングスよりも大殿筋に類似するものであり、この筋は補助的ではなく主要な抗重力筋として機能するだろう。

研究成果の概要(英文)：The purpose of this study was to compare adductor muscles of the hip with the gluteus maximus (GM) and the hamstrings in terms of how these muscles generate extension torque during antigravity movement and to assess whether or not the hip adductor muscles plays a role as a primary antigravity muscle. Squatting activities were selected for an anti-gravity movement. Kinematic data were taken with a motion capture system and floor reactions were recorded with force plates. We determined muscle torques by optimization calculation. The skeletal model used was SIMM. GM and the Adductor magnus (AM) of the hip adductor muscles exerted greater hip extension torques than did hamstrings. Given that the antigravity function of the AM is more like that of the GM than of the hamstrings, the AM might more appropriately be considered a primary antigravity muscle than an ancillary one.

研究分野：理学療法

キーワード：adductor muscle adductor magnus hip extension torque antigravity muscle

1. 研究開始当初の背景

股関節内転筋（以下、内転筋）は、中枢神経障害後の痙縮によって動作の妨げとなる運動パターンを引き起こしやすく、薬剤による選択的治療または外科的処置を行うことが多い部位である。しかし一方では、内転筋の過剰な活動を利用することで麻痺側下肢の支持性や運動性を確保し、日常動作を自立させていると推測される患者もいるが、その背景は不明である。

本申請研究に先立ち申請者は、内転筋を機能解剖学的な視点からその役割を検討し、一部の筋が股関節伸展作用を有し、関節肢位によっては内転より大きなトルクを発揮する可能性を示唆した。しかし、この研究は屍体を用いた解剖学的特徴に基づく知見であり、実際の動作で検討されたものではない。また、内転筋の伸展作用の機能的役割を確かめるためには、本来の股関節伸展筋（大殿筋やハムストリングス）が発揮する力関係の中で、動作中に内転筋がどの程度寄与するかを調べる必要がある。内転筋に潜在する股関節伸展作用の役割を実際の動作で分析し、その機能を明らかにすることは、中枢神経障害を有する者の動作パターンを理解し、より効果的な動作方法を指導するための情報となる。

2. 研究の目的

立ち上がり動作に類似するスクワット動作を異なる動作肢位で行い、内転筋が発揮する股関節伸展筋トルクを大殿筋やハムストリングスと比べ、抗重力筋としての股関節内転筋の役割を検討した。

3. 研究の方法

1) 対象者

腰部や下肢関節に長期固定を要する傷害を負ったことがなく、測定時に関節痛がない男性 10 名に研究内容を十分に説明し、参加の同意を得た上で実施した。

2) 動作課題

股関節肢位と体幹傾斜を変化させ、異なる 4 種類のスクワットを実施した。各課題は、股関節中間位で体幹垂直位 (task 1)、股関節外転・外旋位で体幹垂直位 (task 2)、股関節中間位で自然な体幹屈曲位 (task 3)、股関節外転・外旋位で自然な体幹屈曲位 (task 4) とした。スクワット高は、対象者の身長に基づき決定した。動作スピードはメトロノームで指示し、下降 2 秒、停止、上昇 2 秒とした。姿勢を維持するために肩甲帯の高さで棒を両手で把持してもらった。

3) 分析

① 運動データ

3 次元動作解析装置 (Vicon Motion Systems Ltd., UK, VICON-MX T10 system) を用いて、身体分析点 47 点に貼付した赤外線反射マーカーの 3 次元座標値を 100Hz で計測した。同時にフォースプレート (Kistler Instrumente AG, Switzerland, 9287A) を用いて、床反力

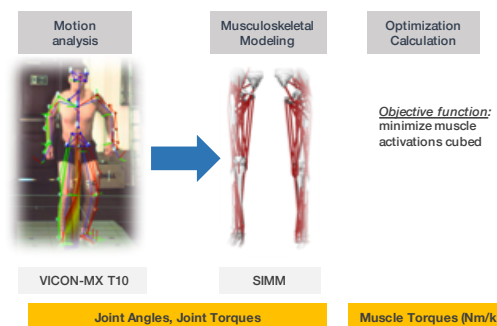


Figure 1. Methods for taking data.

を 500Hz で測定した。得られた身体分析点の 3 次元座標値と床反力を Butterworth digital filter を用いて、10Hz で平滑化した。骨盤と下肢の身体分析点を用いて骨盤、大腿、下腿に部分座標系を構成し、各座標系の相対関係をもとに股関節屈曲伸展、内外転、内外旋角度、膝関節屈曲伸展角度、足関節底背屈角度を求めた。足部を肩幅に開いた立位の各関節角度をゼロポジションとした。

身体部分慣性係数を用いて各身体部分の質量、質量中心位置、慣性モーメントを算出した。さらに、身体分析点の 3 次元座標値と床反力の値から逆力学演算により股関節、膝関節、足関節トルクを算出した。

② 筋トルク

筋骨格モデリングソフト SIMM (MusculoGraphics, Inc., USA) を用いて、3 関節 5 自由度 (股関節屈曲伸展、股関節内外転、股関節内外旋、膝関節屈曲伸展、足関節底背屈)、34 の筋腱複合体からなる片側下肢の筋骨格モデルをコンピューター上で構築した。34 筋中 19 筋が股関節筋だった。なお、本研究で実施するスクワットの関節可動範囲を事前に確認し、その範囲内でモデル内の筋パスが連続的に変化していること、モーメントアームの変化が妥当であることを確かめた。筋モデルには張力-長さ関係および張力-速度関係が考慮された Hill-type モデルを使用した。

筋モデルは収縮要素 (筋線維)、並列弾性要素、直列弾性要素 (腱) によって構成される筋腱複合体であり、羽状角を考慮した。関係式は、自然長で規格化した直列弾性要素の応力-歪み関係式、至適長で規格化した収縮要素の張力-長さ関係式および張力-速度関係式、至適長で規格化した並列弾性要素の力-長さ関係式を用い、この関係式は全筋で共通とした。

③ 最適化計算

本研究で用いる筋骨格モデルは、下肢関節の自由度に対して筋が冗長的に存在するため、最適化計算を用いてトルクを推定した。最適化計算では算出された関節トルクと関節周囲筋のトルクの総和が等しくなる制約条件を設けた (式 1、式 2)。最適化計算には MATLAB R2014b (MathWorks Inc., USA) の Optimization Toolbox を用いた。

$$JT_i = \sum_{m=1}^{34} MT_{i,m} \quad (\text{式 1})$$

$$MT_{i,m} = MA_{i,m} \cdot MF_m \quad (\text{式 2})$$

JT_i: 関節 i の関節トルク

MT_(i, m): 筋 m の関節 i におけるトルク

MA_(i, m): 筋 m の関節 i におけるモーメントアーム

MF_(m): 筋 m の張力

筋活動はなるべく疲労が起きないように決定されるという観点に基づき、「関節トルクを満たす全関節まわりの筋の興奮度 q ($0 \leq q \leq 1$) の 3 乗和の最小化」を最適化計算の目的関数とした。推定された値は対象者の体重 (kg) で正規化 (N m/kg) し、全対象者の平均値を求めた。

4. 研究成果

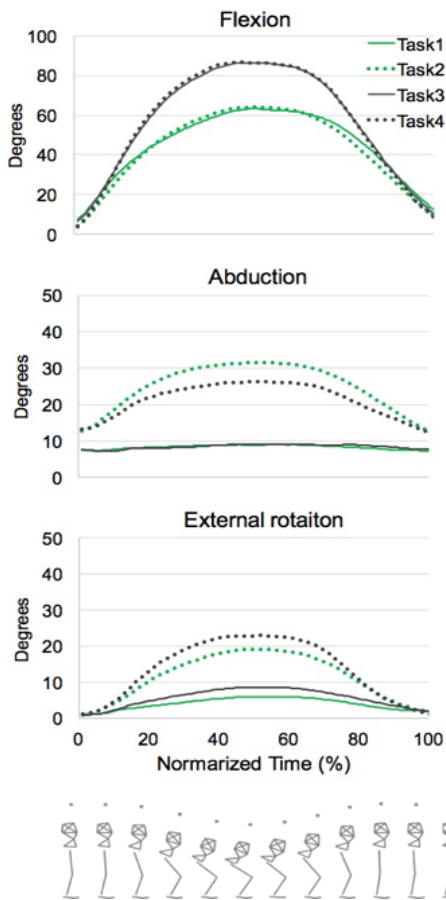


Figure 2-1. Joint torques of the hip during four squatting tasks.

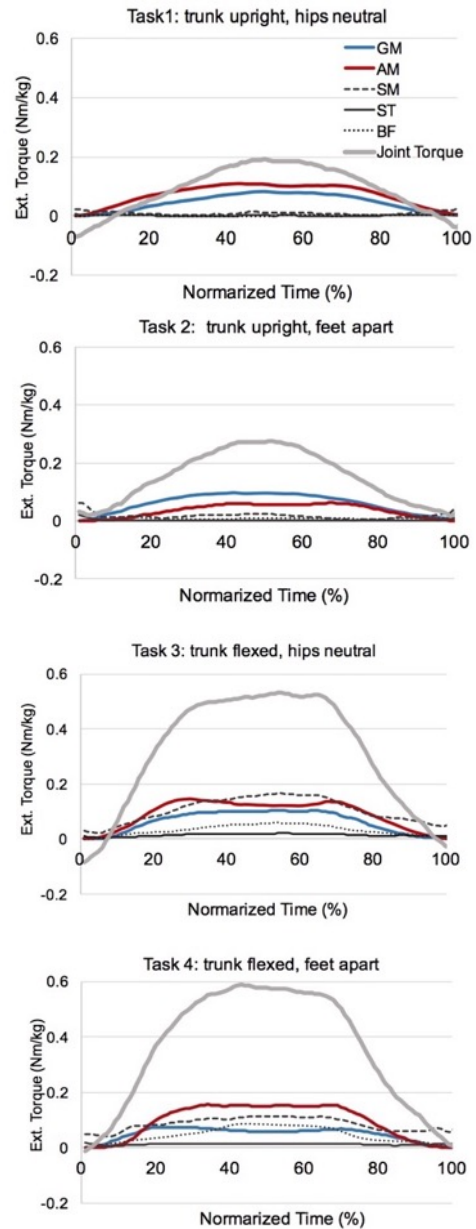


Figure 2-2. Hip extension torques of five muscles during four squatting tasks.

AM: adductor magnus
 GM: gluteus maximus
 SM: semimembranosus
 ST: semitendinosus
 BF: long head of the biceps femoris

いずれの肢位においても、股関節内転筋の中で大内転筋が特に大きな伸展筋トルクを發揮した。体幹垂直でのスクワット (task1 と task2) では、大殿筋と大内転筋がハムストリングスよりも明らかに大きな股関節伸展筋トルクしたが、半腱様筋はいずれの姿勢課題においても寄与が小さかった。以上から、大内転筋が發揮する股関節伸展筋トルクは股関節伸展筋群に相当するものであり、その力發揮はハムストリングスよりは大殿筋に類似した。これより、内転筋群に属する大内転筋は、補助的ではなく主要な抗重力伸展筋でもあると

示唆された。この筋の伸展筋トルク発揮特性を考えると、肢位の変化によらず、立ち上がり動作において常に抗重力筋として寄与しているだろう。

脳卒中片麻痺者の中には、股関節屈曲位、外転・外旋位 (task4 に相当) で抗重力姿勢を保持、または動作を行う者がいる。一見すると、逃避性の代償姿勢の様であるが、痙縮によって緊張状態にある股関節内転筋(ここで示したのは大内転筋)が発揮する伸展トルクを動作に有効利用している可能性があり、このような背景を加味した上で動作方法を検討し、指導されるべきであろう。

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 2 件)

- ① 滝澤恵美, 鈴木雄太, 小林育斗: 股関節肢位の変化に対して大内転筋が発揮する股関節伸展トルクの特徴からみた役割. 理学療法科学 33 (1) : 127-132, 2018. (査読あり)

[学会発表] (計 4 件)

- ② Takizawa M., Suzuki Y., Kobayashi Y.: Adductor Magnus is Just as Much an Antigravity Muscle around Hip Joint as Gluteus Maximus. the ISPRM Congress (Paris, France), 2018 (査読あり)
- ③ 滝澤恵美, 鈴木雄太, 小林育斗: 抗重力動作に対する大殿筋の関与-スクワットにおける大殿筋の推定筋張力と筋活動の特徴から. 第 122 回日本解剖学総会 (長崎), 2017. (査読あり)
- ④ Takizawa M., Suzuki Y, Kobayashi Y.: Issue of Thigh Splints Triggered by Squatting Exercise: Focus on the Adductor Magnus, The 63th Annual Meeting Orthopaedic Research Society. (San Diego, US), 2017. (査読あり)
- ⑤ 滝澤恵美, 鈴木雄太, 小林育斗: 抗重力筋としての股関節伸展筋の優位性について-筋骨格モデルによるスクワット中の筋張力・筋トルク推定-. 第 121 回日本解剖学総会 (福島), 2016. (査読あり)

6. 研究組織

(1) 研究代表者

滝澤 恵美 (MEGUMI TAKIZAWA)
茨城県立医療大学保健医療学部
研究者番号: 70325976

(2) 研究分担者

無し

(3) 連携研究者

無し

(4) 研究協力者

鈴木 雄太 (YUTA SUZUKI)
大阪市立大学 都市健康・スポーツ研究センター

小林 育斗 (YASUTO KOBAYASHI)
作新学院大学 経営学部