

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 26 年 5 月 19 日現在

機関番号：22101

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2011～2013

課題番号：23700615

研究課題名(和文) 直立二足歩行を行うヒトの股関節内転筋は内転作用のために存在するのか？

研究課題名(英文) Functions of hip adductor muscles other than adduction in upright human bipedal walking

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・講師

研究者番号：70325976

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,100,000円、(間接経費) 930,000円

研究成果の概要(和文)：股関節内転筋群(恥骨筋：PE，長内転筋：AL，短内転筋：AB，大内転筋：AM)の役割について遺体を用いて調べた。筋形態は筋線維長と生理的横断面積を調べた。モーメントアームは股関節の各運動軸に対して求めた。PE，AB，AM近位部は，短い筋線維と小さな横断面積を有する純粋な内転筋であった。これらは狭い範囲で小さなモーメントを発揮し，外転筋との同時収縮により関節を安定化させる。ALとAM遠位部は，長い筋線維と大きな横断面積を有し，内転以外に十分な屈曲または伸展成分を内包する。これらは下肢を様々な位置から中間位に戻し維持する役割を有すると考える。

研究成果の概要(英文)：The aim of this study was to examine functions and roles of the hip adductor muscles (pectineus: PE, adductor longus: AL, adductor brevis: AB, adductor magnus: AM), using cadavers. Morphology of each adductor muscles was assessed in terms of muscle fiber length (MFL) and physiological cross-sectional area (PCSA). Moment arm was measured about each axes of the hip joint. PE, AB and AM (proximal part), poorly designed for heavy work or large movement because of small PCSA and short MFL, and having little effect in motions outside of adduction, appeared to be relatively pure hip adductors. These small hip adductors can work with hip abductors to stabilize the hip joint. AL and AM (distal part), adapted for such heavy and wide excursion by virtue of their large PCSA and long MFL and positioned to participate in flexion and extension as well, thus function in multiple planes of action to reset or maintain the lower limb in neutral position.

研究分野：複合領域

科研費の分科・細目：人間医工学，リハビリテーション科学・福祉工学

キーワード：股関節内転筋群 形態 モーメントアーム 機能

1. 研究開始当初の背景

骨格筋(以下、筋)に関する運動学的な情報は、運動障害や適切な運動処方のために必要不可欠である。股関節の外側に位置する中殿筋は、歩行において骨盤の動きを制御する筋として重要視され、積極的な運動介入が行われている。一方、股関節内側に位置する内転筋群に関する理解は「股関節を内転させる筋」とどまっている。

股関節内転筋群は複数の筋で構成され大腿筋の約3割を占める。筋の数や大きさといった形態的特徴は機能的な重要性を示すが、直立二足歩行を行うヒトの股関節内転筋群の数の多さや大きさを内転作用で説明するには無理があり、機能障害の理解や適切な介入のためにまずはその機能や役割を探る必要がある。

2. 研究の目的

本研究の目的は、股関節内転筋群に属する恥骨筋(PE)、長内転筋(AL)、短内転筋(AB)、大内転筋(AM、4つの筋束にわけ各々をAM1-AM4とする)を解剖学的観点から調べ、形態的特徴とモーメントアームの方向および大きさから、ヒトにおける本筋群の機能や役割を検討することである。

3. 研究の方法

本人、家族の同意のもと札幌医科大学に献体された遺体を用いて調査した。なお、本研究の全ては札幌医科大学倫理委員会の承認を得て実施した。

(1) 形態

ホルマリン固定遺体の各筋の神経支配を確認した後、表面の結合組織、血管、神経を除去し、体積、筋長、筋線維長、生理的断面積を計測した。いずれの値も標本の大腿長を用いて体格補正を行った。

体積(VOL)

水を入れたメスシリンダーに筋または筋束を入れ、増量分を計測した。

筋長(ML)および筋線維長(MFL)

筋を伸長させ起始から停止までの距離を定規で計測した。筋長は腱および腱膜を含む筋の最大部分、筋線維長は中間部分の長さを用いた。

生理学的横断面積(PCSA)

筋腹の最大部を筋線維に対して垂直に切断後、断面をデジタルカメラで撮影し画像解析ソフトを用いて求めた。

分析

主成分分析を実施した。

(2) モーメントアーム

計測

骨盤を固定し、遺体の大腿骨を屈曲・伸展方向に験者が動かし、磁気式3次元位置センサーを用いて骨および対象筋の指標点の座標値(x, y, z)を取得した。

データ処理、算出方法

骨盤および大腿骨内の指標点を用いて絶対座標系(骨盤側)と相対座標系(大腿骨側)を構成し、これらの関係から関節角度を求めた。

大腿骨骨頭中心を回転中心、筋の停止部から起始部へ向かう単位ベクトルを張力方向と仮定してモーメントアームの各軸成分(屈曲/伸展、内転/外転、外旋/内旋)を算出した。なお、これらの値は全て解剖学的(股関節)座標系に変換した。

分析

標本毎に大腿長で標準化された5体分のモーメントアームの成分と股関節屈曲角度の関係を2次式で近似させた。近似式を用いて、股関節屈曲範囲(-15°から75°)にわたりモーメントアームの成分推定値を算出した。

4. 研究成果

(1) 形態

表1. 股関節内転筋の形態値

| | PE | AL | AB | AM1 | AM2 | AM3 | AM4 |
|-------------------------|---------------|----------------|----------------|---------------|----------------|----------------|----------------|
| VOL (cm ³) | 21.2 (6.8) | 62.8 (12.4) | 47.3 (12.3) | 28.7 (8.2) | 53.9 (15.0) | 72.3 (21.2) | 73.9 (22.3) |
| %VOL (%) | 6.0 (2.2) | 17.9 (3.8) | 13.1 (2.1) | 7.9 (1.2) | 14.9 (3.1) | 19.9 (3.1) | 20.2 (2.9) |
| ML (cm) | 12.4 (1.3) | 23.6 (1.8) | 17.2 (1.9) | 12.4 (1.8) | 20.8 (3.0) | 23.4 (1.9) | 30.8 (2.1) |
| MFL (cm) | 10.1 (1.6) | 13.9 (1.9) | 11.7 (1.1) | 8.4 (1.0) | 11.2 (1.4) | 14.6 (1.4) | 16.6 (1.3) |
| PCSA (cm ²) | 2.1 (0.5) | 5.5 (1.4) | 4.6 (1.2) | 3.9 (1.2) | 5.7 (1.4) | 6.8 (2.9) | 4.7 (1.3) |

N=10, 平均値(SD)

各標本の大腿骨大転子から外側上顆までの長さを実測値とし、この値を基に補正值(平均大腿長×大腿長⁻¹)を求め、以下の式にて各計測値の標準化を行った。

$$\text{体積} = \text{実測体積} \times (\text{補正值})^3$$

$$\text{筋長} = \text{実測筋長} \times \text{補正值}$$

$$\text{筋線維長} = \text{実測筋線維長} \times \text{補正值}$$

$$\text{PCSA} = \text{実測PCSA} \times (\text{補正值})^2$$

PE, AL, AB, AM(AM1-AM4)の形態値を用いて主成分分析を行った結果、AM1・PE・ABとAL・AM2-AM4の2つのグループに分類され、筋線維長と筋体積に差を認めた。

神経支配パターンは、閉鎖神経前枝支配(PE, AL, AB), 閉鎖神経後枝支配(AM1, AM2), 閉鎖神経後枝と坐骨神経脛骨枝(AM3), 坐骨神経脛骨枝(AM4)の4パターンに分類された。

筋線維は定まった長さのサルコメアからなるため、筋線維長が長い程、サルコメアが多く並び関節を大きく、素早く動かすことが可能である。これより、筋線維長が長いAL・AM2-AM4は股関節に大きな可動域や運動性をもたらす機能において優位性を持つと示唆された。一方、筋線維長が短く断面積も比較的小さなAM1・PE・ABは、限られた範囲でかつ小さな力によって運動の土台である関節

そのものの調整（関節安定や保護）を行うことに優位性を有すると推察された。

筋形態のバイオメカニクスの違いを反映するように、股関節内転筋群の神経支配には差異があり、必要に応じて各々の筋または筋束が活動に動員されるよう調整されていると推察された。

(2) モーメントアーム

表 2. 内転成分に対する屈曲 / 伸展成分比

| Flexion (degree) | AM1 | AM2 | AM3 | AM4 | PE | AB | AL |
|---------------------|-------|--------------|--------------|---------------|------|-------|-------------|
| -15 | 39.3 | 39.2 | 24.4 | -21.2 | 41.3 | 36.5 | 50.7 |
| -0 | 31.2 | 18.2 | -1.2 | <i>-52.1</i> | 49.4 | 34.0 | 49.4 |
| 15 | 22.7 | 1.8 | -21.4 | <i>-73.2</i> | 48.1 | 27.2 | 42.6 |
| 30 | 13.3 | -12.1 | -38.3 | <i>-88.6</i> | 40.5 | 16.3 | 31.0 |
| 45 | 2.3 | -24.8 | <i>-53.5</i> | -100.6 | 28.0 | 0.8 | 14.2 |
| 60 | -11.7 | -37.4 | <i>-68.2</i> | -110.4 | 11.6 | -20.3 | -8.5 |
| 75 | -29.4 | <i>-51.1</i> | <i>-84.0</i> | -118.9 | -8.4 | -49.2 | -38.9 |

内転成分に対する屈曲 / 伸展成分の割合 (%) を示す。

正値は屈曲成分，負値は伸展成分を表す。

Italic 体は二次成分，Bold 体は主成分を表す。

表 3. 内転成分に対する外旋 / 内旋成分比

| Flexion (degree) | AM1 | AM2 | AM3 | AM4 | PE | AB | AL |
|---------------------|------|------|------|-------|------|-----|------|
| -15 | 0.0 | -0.8 | -0.4 | -0.4 | 0.2 | 0.3 | 0.1 |
| -0 | 0.7 | -0.4 | -0.3 | -0.9 | 0.0 | 0.3 | 0.0 |
| 15 | 8.7 | 0.0 | -0.7 | -8.6 | -0.1 | 1.5 | -0.1 |
| 30 | 12.9 | 1.8 | 0.0 | -10.1 | 1.8 | 2.4 | 0.2 |
| 45 | 17.8 | 3.6 | 0.7 | -11.1 | 5.1 | 3.9 | 0.9 |
| 60 | 23.0 | 5.7 | 1.5 | -11.7 | 9.6 | 6.2 | 1.9 |
| 75 | 29.7 | 8.3 | 2.6 | -11.9 | 15.0 | 9.4 | 3.4 |

内転成分に対する外旋 / 内旋成分の割合 (%) を示す。

正値は外旋成分，負値は内旋成分を表す。

股関節屈曲 -15° から 75° の範囲で，AM4 を除く全ての内転筋群の主成分は内転成分であった。一方，AM1 と PE を除き，外旋 / 内旋成分は常に小さな値を示した (表 3)。屈曲角度の増加に伴い，(AM4 を除く) 全ての筋の屈曲 / 伸展成分が屈曲方向から伸展方向に変換した (表 2)。

各角度において内転成分に対する屈曲 / 伸展成分の割合 (%) を求め，50% 以上を示した場合，これを二次成分とした。AL と AM1 に二次成分を認めた (表 2)。AM2 と AM3 は，それぞれ股関節屈曲 45 度，75 度以上で伸展成分が二次成分になった。AM4 の伸展成分は屈曲 0 度以上で二次成分，さらに 45 度以上では伸展が主成分となった (内転が二次成分)。AL は股関節伸展 15° で屈曲成分が二次成分となった。AM1，PE，AB は二次成分を認めなかった。

(3) 総合成果

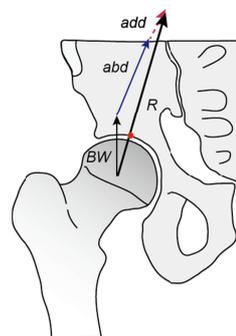


図 1. 筋の同時収縮による関節面の保護

片脚立ちで股関節外転筋 (abd) と内転筋 (add) によって骨盤が水平位に保たれている状態を表す。BW は体重，R は関節間力を示す。なお，BW が関節面に対して加わる位置，それぞれのベクトルの向きおよび大きさは便宜上決定した。

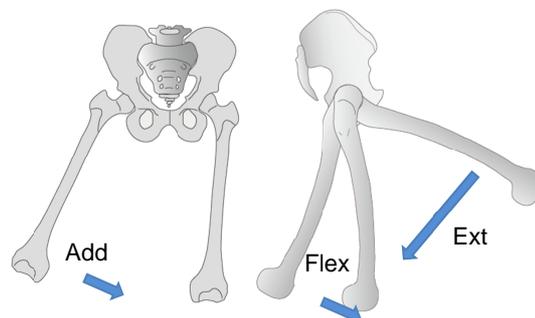


図 2. 内転筋の関節作用 (主作用，二次作用より)

PE，AB，AM1 は，短い筋線維と小さな横断面積を有する純粋な内転成分を持つ筋であった。これらの筋は限られた範囲で小さなトルクを発揮し，外転筋との同時収縮によって様々な方向から加わる外力との合力 (関節間力) を内向化させることで関節面の応力集中を防ぎ，関節面を保護すると考える (図 1)。

AL と AM2-AM3 は，長い筋線維を有し内転成分以外に十分な屈曲または伸展成分を内包していた。これより下肢を様々な位置から中間位に戻し，中間位を維持する機能を有する筋であると示唆された (図 2)。

以上より，股関節内転筋群が複数の筋で構成されるのは，筋毎に優位な機能や役割を有するためと考えられる。その機能は，関節保護，下肢の空間的位置調整，屈曲・伸展のサブモーターと考えられる。運動療法を行う際にはこれらの機能と筋の特性を考慮した運動課題や負荷量を設定する必要がある。

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4件)

滝澤恵美: 股関節の角度変化に伴うモーメントアームの変化からみた内転筋群の機能について. 札幌医科大学保健医療学部紀要 15, 102, 2014. (査読あり)

Takizawa M, Suzuki D, Ito H, Fujimiya M, Uchiyama E.: Why adductor magnus muscle is large: The function based on muscle morphology in cadavers. Scand J Med Sci Sports 24(1), 197-203, 2014. (査読あり)

Takizawa M, Suzuki D, Ito H, Fujimiya M, Uchiyama E.: The adductor part of the adductor magnus is innervated by both obturator and sciatic nerves. Clinical Anatomy, DOI:10.1002/ca.22274, 2013. (査読あり)

滝澤恵美, 鈴木大輔, 神谷智昭: 大内転筋はなぜ大きいか? -筋の形態的特徴と神経支配からみた大内転筋の分類と機能-. 日本臨床スポーツ医学会誌 19, 609-616, 2011. (査読あり)

[学会発表](計6件)

滝澤恵美, 鈴木雄太, 伊東元, 鈴木大輔, 藤宮峯子, 内山英一: 大内転筋は大内側四頭筋か?. 第49回日本理学療法学会大会. 横浜, 2014, 5.

滝澤恵美, 鈴木雄太, 鈴木大輔, 伊東元, 藤宮峯子, 内山英一: 股関節回旋肢位がもたらす股関節内転筋群のモーメントアームの変化. 第119回日本解剖学会総会. 下野, 2014, 3.

滝澤恵美, 鈴木雄太, 伊東元, 鈴木大輔, 藤宮峯子, 内山英一: 股関節内転筋群における屈曲・伸展作用の特徴. 第48回日本理学療法学会大会. 名古屋, 2013, 5.

Takizawa M, Suzuki D, Suzuki Y, Ito H, Fujimiya M, Uchiyama E.: Clinical Issues with the Traditional View of Innervation and Action of the Adductor Magnus. The 59th Annual Meeting Orthopaedic Research Society. San Antonio, 2013, 1.

滝澤恵美, 鈴木雄太, 伊東元, 鈴木大輔, 藤宮峯子, 内山英一: 股関節内転筋の矢状面における作用の違い. 第118回日本解剖学会総会. 高松, 2013, 3.

滝澤恵美, 鈴木大輔, 伊東元, 藤宮峯子, 内山英一: 形態的特徴からみた大内転筋の機能. 第47回日本理学療法学会大会. 神戸, 2012, 5.

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・講師

研究者番号: 70325976