

異なる運動方向への静止性股関節外転収縮が 中殿筋前・中・後部線維の筋厚および 筋腱移行部距離に及ぼす影響

——超音波画像診断装置を用いた検討——

Effects of Isometric Hip Abduction Contraction in Different Directions on Muscle Thickness and Muscle-tendon Junction Distance of Fibers of the Gluteus Medius Measured by Ultrasonography

見供 翔^{1,2)} 市川 和奈^{2,3)} 宇佐 英幸⁴⁾
小川 大輔⁵⁾ 古谷 英孝⁶⁾ 竹井 仁⁷⁾

SHO MITOMO, RPT, MS^{1,2)}, KAZUNA ICHIKAWA, RPT, MS^{2,3)}, HIDEYUKI USA, RPT, PhD⁴⁾, DAISUKE OGAWA, RPT, PhD⁵⁾, HIDEYUKI FURUYA, RPT, MS⁶⁾, HITOSHI TAKEI, RPT, PhD⁷⁾

¹⁾ Department of Rehabilitation, Kawakita General Hospital: 1-7-3 Asagayakita, Suginami-ku, Tokyo 166-0001, Japan
TEL +81 3-3339-2553 E-mail: forward_numb@yahoo.co.jp

²⁾ Doctoral Course, Department of Physical Therapy, Graduate School of Human Health Sciences, Tokyo Metropolitan University

³⁾ Visiting Nurse Station Kitazawa

⁴⁾ Division of Physical Therapy, Faculty of Health Sciences, Tokyo Metropolitan University

⁵⁾ Department of Physical Therapy, Faculty of Health Sciences, Meiji University

⁶⁾ Department of Rehabilitation, Sonoda Third Hospital

⁷⁾ Department of Physical Therapy, Graduate School of Human Health Sciences, Tokyo Metropolitan University

Rigakuryoho Kagaku 32(6): 869-874, 2017. Submitted Jun. 5, 2017. Accepted Jul. 27, 2017.

ABSTRACT: [Purpose] To analyze differences in action between fibers of the gluteus medius. [Subjects and Methods] The subjects were healthy males aged 22-34 years. The motor task was 30% maximum voluntary isometric hip abduction contraction in different directions (1, abduction; 2, abduction + flexion; 3, abduction + extension). Muscle thickness and distance of the muscle-tendon junction were measured using ultrasonography, and their rates of change were calculated. [Results] The rate of change in muscle thickness of the anterior and posterior gluteus medius was significantly higher in tasks 2 and 3, respectively. The rate of change in the distance of the muscle-tendon junction was the same as the rate of change in muscle thickness. [Conclusion] Anterior gluteus medius fibers participate in flexion in addition to abduction, and posterior gluteus medius fibers participate in extension in addition to abduction.

Key words: gluteus medius, ultrasonography, shape of muscle

要旨: [目的] 中殿筋各線維間の異なる作用を明らかにすることとした。 [対象と方法] 健康男性 (平均年齢 22 ~ 34 歳) とした。 運動課題は 30% 最大随意収縮の強度での異なる方向への静止性股関節外転運動 (1: 外転, 2: 外転 + 屈曲, 3: 外転 + 伸展) とした。 運動課題前後の中殿筋各線維の筋厚と筋腱移行部距離は超音波画像から計測し, それぞれの変化率を算出した。 [結果] 筋厚に関して中殿筋前部線維は課題 2 で, 中殿筋後部線維は課題 3 で有意に高い変化率を示した。 筋腱移行部距離変化率は筋厚変化率と同様の結果を示した。 [結語] 中殿筋前部線維は股関節外転作用に加えて屈曲作用を, 中殿筋後部線維は伸展作用を有していることが示唆された。

キーワード: 中殿筋, 超音波診断装置, 筋形状

¹⁾ 河北総合病院 リハビリテーション科: 東京都阿佐ヶ谷北 1-7-3 (〒166-0001) TEL 03-3339-2553

²⁾ 首都大学東京大学院 人間健康科学研究科 理学療法科学域博士後期課程, ³⁾ 訪問看護ステーション北沢, ⁴⁾ 首都大学東京 健康福祉学部 理学療法学科, ⁵⁾ 目白大学 保健医療学部 理学療法学科, ⁶⁾ 苑田第三病院 リハビリテーション科,

⁷⁾ 首都大学東京大学院 人間健康科学研究科 理学療法科学域

I. はじめに

中殿筋の主な役割は、骨盤の安定化と動的下肢運動時における大腿骨の運動を制御することである。大腿骨頸部骨折や変形性股関節症をはじめとする多くの股関節疾患における理学療法では、股関節周囲筋の筋力および関節安定性の向上を目的に股関節外転筋力の筋力強化訓練が実施されている。加えて、中殿筋の筋力低下は股関節疾患のみならず、腰痛や膝蓋大腿関節痛といった多くの下肢損傷に認められている¹⁾との報告がある。そのため、臨床の中で中殿筋に対する運動療法を処方することは多く、中殿筋における運動療法の科学的根拠を明らかにするための基礎研究を行うことの意義は高いと考える。

中殿筋全体の機能は股関節の外転・内旋に作用するが、解剖学的に中殿筋各線維の走行を考慮すると、前部線維は外転・屈曲・内旋、中部線維は外転、後部線維は外転・伸展・外旋に作用し、中殿筋各線維間に異なった作用を有していると報告されている^{2,3)}。しかし、動作時の中殿筋各線維の活動は類似したパターンを示す⁴⁾という報告もみられ、中殿筋各線維の作用の違いは明確ではない。

筋電図を用いた研究において、股関節肢位と中殿筋各線維の筋活動の関係を示す研究は多く報告されている⁵⁻¹²⁾。しかし、表面筋電図を用いた中殿筋各線維の筋活動評価を行う場合、中殿筋後部線維は大殿筋上部線維に覆われていることから、隣接する筋の活動電位の漏れであるクロストークの影響を受けるため正確な評価は困難である。また、針電極やワイヤー電極の使用は侵襲を伴うため被験者への負担が大きくなる。臨床における中殿筋に対するトレーニングを行う場合には、口頭での運動方向の指示や触診にて収縮を確認して行われている。しかし、中殿筋後部線維は大殿筋に覆われていることから正確な触診や表層から筋の収縮を視覚的に確認することは難しい。

一方、超音波画像診断装置 (Ultrasonography: 以下、US) による評価は、非侵襲かつリアルタイムに単一の筋・筋線維の定量的評価ができ、深層の動的な筋収縮を評価することが可能である。USを用いた骨格筋の評価は高い再現性を有し^{13,14)}、収縮時筋厚は筋トルクや筋電図と相関があり^{15,16)}、低強度 (30%程度) の筋収縮状態での筋厚は筋力決定因子の一つである¹⁷⁾と報告されている。また、USを用いて筋収縮に伴う筋腱移行部の移動を評価することができると報告されている¹⁸⁾。しかし、我々が渉猟する限り、USを用いて生体内で中殿筋各筋線維の筋の形状変化を確認した報告は見当たらない。中殿筋各線維の筋活動を評価する方法としてUSを用いた評価の有用性を明らかにすることは、臨床における中殿筋各線維の選択的トレーニングに対する科学的根拠の一助になりうる。

そこで本研究の目的は、静止性股関節外転運動を行った際、その運動方向の違いが中殿筋各線維における筋厚および筋腱移行部移動距離の変化に与える影響についてUSを用いて測定し、生体における中殿筋各筋線維の機能的作用の違いを確認することとした。

II. 対象と方法

1. 対象

対象は両下肢に整形外科的疾患の既往がない健康男性10名20肢とした。対象者の平均年齢 (最小-最大) は26.7 (22-34) 歳、身長および体重の平均値 (最小-最大) は172.7 (166-177) cm、体重64.5 (52-70) kgであった。

2. 方法

本研究は、首都大学東京研究倫理審査委員会の承認を受けて実施した (承認番号10068)。実験開始にあたり、対象者に研究の主旨および実験の説明を十分に言い、書面にて同意が得られた者を対象とした。

運動の開始肢位は、測定側を上とした側臥位 (股関節屈伸および内外転、内外旋中間位) で統一し、そこから3つの運動方向を設定し計測を行った。3つの運動方向は、それぞれ課題1: 床から垂直方向、課題2: 床に対して垂直な面から60°腹側方向、課題3: 60°背側方向とし、30%最大随意収縮の強度での静止性股関節外転運動を行わせた (図1)。なお、予備研究において、運動課題の股関節運動方向が60°腹側方向および60°背側方向にて中殿筋前部線維および後部線維の筋厚ならびに筋腱移行部距離が最も変化したことから、今回の運動方向を決定した。各課題における筋力は筋力測定器であるマイオメーター (Gwent NP11, Biometrics社製) を使用した。測定に先立ち、各課題における最大股関節外転静止性収縮時の股関節外転トルクを3回測定し平均値を算出した後に (各課題の最大股関節外転トルクの平均値 (標準偏差)、課題1: 55.5 (10.6) Nm、課題2: 48.8 (9.4) Nm、課題3: 43.8 (11.4) Nm)、30%最大随意収縮での静止性股関節外転トルクを算出した。Hodgesら¹⁷⁾は最大随意収縮時の側腹筋厚を測定し、形態変化により測定が困難な対象者がいるとし、低強度 (30%程度) の筋収縮状態での筋厚が筋力決定因子の一つであると述べている。本研究の予備実験においても30%最大随意収縮以上の負荷量でのUSを用いて筋厚を評価すると筋の膨隆により正確な評価が困難であった。そのため、本実験の各運動課題では、事前に測定した各運動課題における最大静止性股関節外転筋力の30%で実施することとした。

運動課題を実施する際は、各課題の30%最大股関節外転トルク値をPC画面上に示し、被験者に視覚的にフィードバックを与えて運動課題を行わせた。運動課題

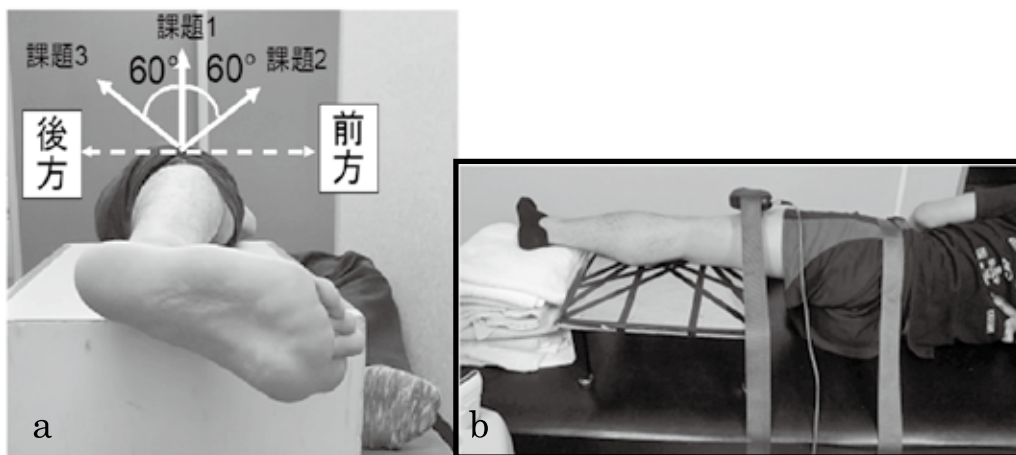


図1 測定肢位について

運動課題は、股関節屈伸および内外転、内外旋中間位での測定側を上とした側臥位にて、課題1：床から垂直方向、課題2：床に対して垂直な面から60°腹側方向、および課題3：60°背側方向への30%最大随意収縮の強度での静止性股関節外転運動とした(a)。運動課題施行中の被験者における固定は、代償動作を極力抑えるために腸骨稜と大腿部に行った(b)。

施行中の被験者の固定は、代償動作を極力抑えるために腸骨稜と大腿部に行った(図1)。各課題を施行する際のマイオメーターのアタッチメントは、大転子から大腿長1/2の位置かつ運動方向に対して常に垂直になる位置とし、ベルトを使用して固定した。マイオメーターのアタッチメントの設置角度が各運動条件および測定ごとに一定となるように水準計(ダイヤル式スランートルール、シンワ社製)を使用した。なお、運動課題を行う前に、対象者には運動課題を十分に練習させた。

運動課題を実施した前後に超音波画像診断装置(EUB-7500、日立メディカル社製)を用いて安静時と運動課題中の静止画(Bモード)を抽出した。プローブは、付属のリニア型プローブ(中心周波数：10 MHz)を用いた。

測定項目は、中殿筋前部線維、中部線維および後部線維の筋厚(mm)および筋腱移行部距離(mm)とした。筋厚は被験筋の表層腱膜と深層腱膜までの距離とした。筋腱移行部は筋と腱の接点と定義し、大転子から筋腱移行部までの距離を筋腱移行部距離と定義した。筋厚および筋腱移行部距離を測定する際は、短軸にて中殿筋全体の筋を捉えた後に各線維の走行に並行するようにプローブを長軸にて撮像した。

筋厚測定時のプローブの設置位置は、あらかじめ解剖学的な筋の構造を踏まえた上で、触診およびUS画像上で中殿筋各線維を捉えながら筋収縮をさせて大殿筋および大腿筋膜張筋を含む他の股関節外転筋群と区別した。その上で、先行研究^{1,6,19-21)}を参考にし、前部線維：上前腸骨棘と大転子を結ぶ線の50%、中部線維：腸骨稜頂点と大転子を結ぶ線の50%、後部線維：上後腸骨棘と大転子を結ぶ線の50%と定義し、プローブの設置位置を水性マジックで記した(図2)。なお、測定部位を

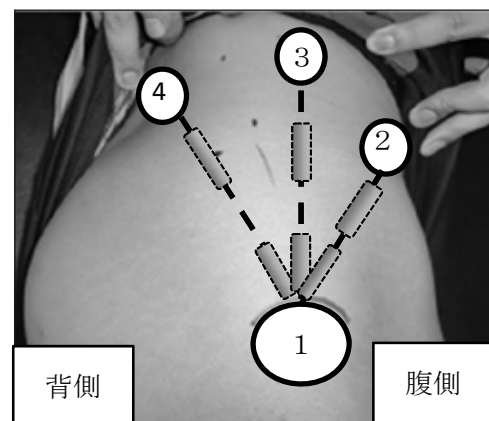


図2 中殿筋各線維の区別とプローブ設置位置について

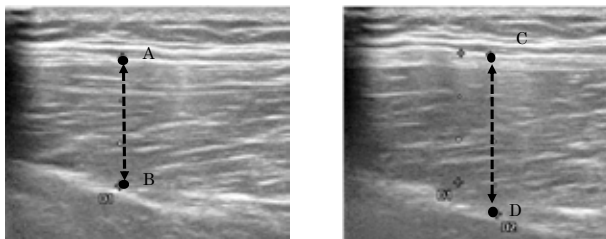
中殿筋各線維を区別するために、前部線維は上前腸骨棘(2)と大転子(1)を結ぶ線上、中部線維は腸骨稜頂点(3)と大転子(1)を結ぶ線上、後部線維は上後腸骨棘(4)と大転子(1)を結ぶ線上と定義した。プローブの設置位置を点線で示すように筋厚測定のためのプローブ設置位置は区別した中殿筋各線維の線上の50%とし、筋腱移行部距離測定のためのプローブ設置位置は区別した中殿筋各線維の線上の大転子部とした。

統一するためにアルミテープを測定部位に添付し、未透過部位が移動していないことをUS画面上で確認した。筋腱移行部距離のプローブの設置位置は、各筋線維の筋厚測定時の線上における大転子とし、大転子が最も高輝度を示した角度かつ大転子と各筋腱移行部が同画面上に撮像できる部位を画面上にて確認して撮像した(図2)。

プローブの設置は、各筋線維に対してマーキングした部位に垂直に設置すること、ゲルを用いて画像を得るこ

とができる最小限の範囲で皮膚を圧迫しない範囲で徒手的に接触するように規定した。プローブが各筋線維に垂直になるように設置した際に、プローブの傾斜角度が各条件および測定ごとに一定となるように、測定にあたり水準計を用いてプローブの傾斜角度を測定した。

画像処理はフリーソフトである画像解析装置 ImageJ Ver 1.44 (米国国立衛生研究所製) を使用した。画像処理は、安静時と各課題時における静止画をパソコンの画面上で座標値を示し、筋厚および筋腱移行部距離を一回のみ定量化してその値を採用した (図3, 4)。その後、安静時と各課題時の筋厚 (mm) および筋腱移行部距離 (mm) から、筋厚変化率 (%) と筋腱移行部距離変化率 (%) を求めた。変化率は (運動課題時の値 - 安静時の値) / 安静時の値 × 100 (%) から算出した (図2, 3)。

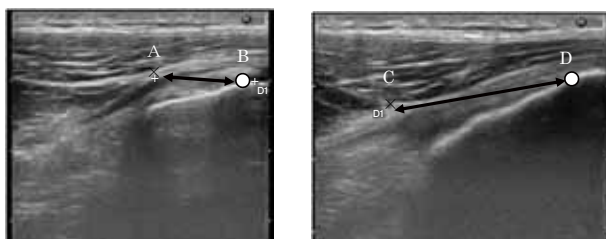


1: 安静時の筋厚

2: 課題実施時の筋厚

図3 筋厚変化率の測定について

安静時の筋厚(1)を測定した後に、課題実施時の筋厚(2)を測定した。左側の不透明部分はアルミテープを用いた未透過部位であり、測定部位が変化していないことを確認して測定を行った。筋厚の測定は表層腱膜と筋束の交点(1ではA, 2ではC)から深層腱膜と筋束の交点(1ではB, 2ではD)までの距離とした。各運動課題を行う際にUS画面上で表層腱膜と筋束の交点が移動(AがCへ移動する)することをカーソルで追従した。カーソルを残した状態で超音波画像を抽出し、ImageJにて表層腱膜とその垂線と深層腱膜との交点までの距離を筋厚として測定した。筋厚変化率は(CD間-AB間)/AB間×100(%)から算出した。



1: 安静時の筋腱移行部距離

2: 課題実施時の筋腱移行部距離

図4 筋腱移行部距離変化率の測定について

安静時の筋腱移行部距離(1)を測定した後に、課題実施時の筋腱移行部距離(2)を測定した。筋腱移行部距離は大転子(○; 1ではB, 2ではD)から筋腱移行部(×; 1ではA, 2ではC)とした。筋腱移行部距離変化率は、(CD間-AB間)/AB間×100(%)から算出した。

なお、本研究に先立ち、USを用いた異なる方向への静止性股関節外転収縮時の中殿筋各線維における筋形状測定の信頼性を級内相関係数 (Intraclass Correlation Coefficient: 以下, ICC) と最小可検変化量の95%信頼区間 (Minimal Detectable Change95: 以下, MDC95) を用いて検討した。ICCは0.721-0.973であり、MDC95は5.8-17.7%であり、これらの結果からUSを用いた異なる運動方向における静止性股関節外転収縮時の中殿筋各線維の形状変化の測定には信頼性の高い測定が可能²²⁾であることが確認できた。

以上の実験手順を同一験者にて行った。測定においては筋疲労を考慮し、1日に運動課題の一条件のみを実施し、計3日に分けて測定を実施した。なお、運動課題を実施する順序は無作為とした。

統計的分析にはSPSS Statistics20 (IBM社製) を使用して、各測定項目を従属変数、課題条件を独立変数とした反復測定における一元配置分散分析と事後検定 (Tukey HSD法) を実施した。有意水準は5%とした。

III. 結果

各課題間における中殿筋各筋線維の筋厚変化率を表1に、筋腱移行部距離変化率を表2に示した。

筋厚変化率に関しては、前部線維は課題2が課題1と3に対して有意に高い変化率を示し、課題1が課題3に対して有意に高い変化率を示した。後部線維は、課題3が課題1と2に対して有意に高い変化率を示した。中部線維は各課題間に有意差を認めなかった。

筋腱移行部移動距離変化率に関しては、前部線維では課題2が課題3に対して有意に高い変化率を示した。後部線維では課題3が課題1と2に対して有意に高い変化率を示した。中部線維は各課題間に有意差を認めなかった。

IV. 考察

USを使用した骨格筋の筋厚に関する研究は多く行われており¹³⁻¹⁷⁾, Hodgesら¹⁷⁾は、筋厚はある一定(低強度)の等尺性筋力を決定する一つの因子であると報告している。また、McMeekenら¹⁶⁾は、「下腹部を凹ませる」運動を行ったときの腹横筋の筋厚と筋電図活動を比較し、筋厚と筋電図の間に一貫して増加性の有意な関係があったと述べている。本研究では、筋電図での計測を行っていないため、筋厚と筋活動の間に直接的な関係があることは言及できない。しかし、先行研究を踏まえると、今回測定を行った中殿筋各線維の筋厚変化は筋活動を示していると推察できる。筋厚に関して、中殿筋前部線維は屈曲を複合した静止性股関節外転運動時に増加し、一方で中殿筋後部線維では伸展を複合した静止性股関節

表 1 筋厚変化率

	課題 1：外転	課題 2：外転+屈曲	課題 3：外転+伸展
前部線維	37.1 (26.6)***	50.6 (30.1)*,***	19.7 (14.3)
中部線維	51.3 (35.9)	50.0 (59.0)	32.7 (38.0)
後部線維	23.2 (48.9)	24.4 (35.2)	87.2 (77.3)*,**

平均値 (標準偏差) [%].

* : $p < 0.05$ (vs 課題 1), ** : $p < 0.05$ (vs 課題 2), *** : $p < 0.05$ (vs 課題 3).

表 2 筋腱移行部距離変化率

	課題 1：外転	課題 2：外転+屈曲	課題 3：外転+伸展
前部線維	29.2 (15.5)	43.4 (20.6)***	16.6 (12.3)
中部線維	25.2 (15.6)	22.8 (12.4)	23.3 (13.3)
後部線維	9.0 (9.3)	4.5 (10.4)	29.9 (11.2)*,**

平均値 (標準偏差) [%].

* : $p < 0.05$ (vs 課題 1), ** : $p < 0.05$ (vs 課題 2), *** : $p < 0.05$ (vs 課題 3).

外転運動時に増加を認めた。中殿筋は筋線維の走行から前部と中部および後部の3つの線維に分けられ^{2,23)}、中殿筋各線維は3つの区別した神経支配を有している⁶⁾と報告されている。Gottschalkら²⁾やGrimaldiら³⁾は、中殿筋前部線維は股関節屈曲・内旋を、後部線維は股関節伸展・外旋に作用していると述べている。そのため、本研究結果は先行研究を支持するものであり、中殿筋各線維の間には異なる作用を有していることがUSを用いて生体内で確認できたと考ええる。

一方で、中殿筋中部線維の筋厚変化率は課題間に有意な差を認めなかった。このことは中殿筋の中間部に位置している中殿筋中部線維は前部線維および後部線維の両方の線維と共同した股関節外転作用を有しているためであると考ええる。以上から、中殿筋中部線維は運動方向に依存せず股関節外転作用を有している一方で、中殿筋前部線維は股関節外転作用に加えて屈曲作用を、中殿筋後部線維は股関節外転作用に加えて伸展作用を有しているという機能的な作用の違いを確認できた。

Fukunagaら¹⁸⁾は、筋腱移行部は筋収縮時に筋腹へ、伸長時に遠位へ移動すると述べている。本研究においても筋腱移行部は筋収縮に伴い筋腹へ移動し、筋厚変化率と同様に筋腱移行部移動距離変化率の増加を認めた。腱は筋を包み込む筋外膜の延長であり、腱線維は筋周膜の波状コラーゲン線維が並行かつ伸長しないコラーゲン線維へ形質転換したものである²⁴⁾と報告されている。そのため、本研究における筋腱移行部距離の変化は腱に入り込んでいる筋外膜と筋周膜のコラーゲン線維の伸長も加味された結果であると考ええる。また、各課題間の中殿筋各線維の筋厚増加率の違いがその筋腹に連続した筋腱移行部を牽引する力に影響を与え、運動課題間に中殿筋各線維の腱の伸張に違いを認めたと考える。しかし、腱

組織の伸長は等尺性収縮や短縮性収縮のみの運動に比べて、伸長短縮サイクル運動の発揮パワーや機械的効率を高める^{25,26)}ため、今後は腱伸長と筋力の関係を検討していくことが必要であると考ええる。

中殿筋は骨盤および股関節の安定性に寄与しており、股関節疾患における中殿筋の筋力低下は痛みや関節形成不全などの症状の増悪を引き起こす因子のひとつである²⁷⁻²⁹⁾。そのため、中殿筋に対するトレーニングは重要であり、中殿筋をひとつの大きな筋腹として捉えず、中殿筋各線維を区別したトレーニングが重要であると考ええる。特に股関節運動軸安定化を担っている中殿筋後部線維に対する運動療法は重要であると考ええる。しかし、中殿筋後部線維は筋の走行上、大殿筋に覆われているため触診にて筋の収縮を確認することが困難である。本研究ではUSを用いて筋形状の変化を評価した結果、伸展方向を複合した静止性股関節外転運動時に中殿筋後部線維の筋厚や筋腱移行部距離が増加することが確認できた。そのため、中殿筋後部線維に対する一つの運動療法の方法としてのUSの有用性が示唆された。加えて、股関節運動軸安定性向上を目的とした中殿筋各線維の選択的トレーニングに関する科学的根拠の一助になると考えられる。

本研究の限界は、対象者数が少ない点や若年成人を対象としている点が挙げられる。また、運動課題を腹側・背側ともに60°と運動方向を限定している。筋力強化を目的とした負荷量は最大筋力の60%とされており、本研究においては負荷量に関しては言及できない。そのため、今後は股関節疾患を有する対象者を含めるとともに運動方向や負荷量の細かい設定を行い、さらなる検討を進めていく必要がある。

引用文献

- 1) O'Sullivan K, Smith SM, Sainsbury D: Electromyographic analysis of the three subdivisions of gluteus medius during weight-bearing exercises. *Sports Med Arthrosc Rehabil Ther Technol*, 2010, 2: 17.
- 2) Gottschalk F, Kourosh S, Leveau B: The functional anatomy of tensor fasciae latae and gluteus medius and minimus. *J Anat*, 1989, 166: 179-189.
- 3) Grimaldi A: Assessing lateral stability of the hip and pelvis. *Man Ther*, 2011, 16: 26-32.
- 4) Soderberg GL, Dostal WF: Electromyographic study of three parts of the gluteus medius muscle during functional activities. *Phys Ther*, 1978, 58: 691-696.
- 5) 梅木駿太, 駒場章一, 建内宏重・他: 効果的な筋活動と関節運動方向—中殿筋筋線維に着目して—. *理学療法学*, 2006, 33: 379.
- 6) 松木儀浩, 大西秀明, 八木 了・他: 股関節肢位の違いによる股関節外転筋群の筋電図学的解析. *理学療法学*, 2004, 31: 9-14.
- 7) 佐々木祐二, 丸山敬光, 坂本豊一・他: 股関節屈曲角度の相違による大腿筋膜張筋・中殿筋の筋活動量の変化. *理学療法学*, 1994, 21: 415.
- 8) 菅原由美子, 木本裕子, 墓下仁志・他: 股関節外転筋力強化訓練において挙上下肢の股関節屈曲角度の違いが中殿筋, 大腿筋膜張筋の筋活動に及ぼす影響—筋電図学的評価—. *理学療法学*, 2006, 33: 92.
- 9) 池添冬芽, 市橋則明, 万久里知美・他: 股関節周囲筋の等張性トレーニングに関する筋電図学的検討. *理学療法科学*, 2001, 16: 65-70.
- 10) 小栢進也, 建内宏重, 高島慎吾・他: 関節角度の違いによる股関節周囲筋の発揮筋力の変化—数学的モデルを用いた解析—. *理学療法学*, 2009, 38: 97-104.
- 11) 兵頭甲子太郎: 股関節外転筋の等尺性収縮運動時における筋電図学的検討—負荷量と外転角度が筋活動に及ぼす影響について—. *理学療法科学*, 2009, 24: 561-564.
- 12) Kumagai M, Shiba N, Higuchi F, et al.: Functional evaluation of hip abductor muscles with use of magnetic resonance imaging. *J Orthop Res*, 1997, 15: 888-893.
- 13) 福永哲夫, 松尾彰夫, 石田良恵・他: 超音波Bモード法による皮下脂肪厚および筋厚の測定法の検討. *超音波医学*, 1989, 16: 170-177.
- 14) Reeves ND, Maganaris CN, Narici MV: Ultrasonographic assessment of human skeletal muscle size. *Eur J Appl Physiol*, 2004, 91: 116-118.
- 15) 赤木良太, 東香寿美, 太田めぐみ・他: 筋厚と形態計測値の組み合わせによる筋形状指標の有効性. *スポーツ科学研究*, 2005, 2: 1-8.
- 16) McMeeken JM, Beith ID, Newham DJ, et al.: The relationship between EMG and change in thickness of transversus abdominis. *Clin Biomech (Bristol, Avon)*, 2004, 19: 337-342.
- 17) Hodges PW, Pengel LH, Herbert RD, et al.: Measurement of muscle contraction with ultrasound imaging. *Muscle Nerve*, 2003, 27: 682-692.
- 18) Fukunaga T, Ito M, Ichinose Y, et al.: Tendinous movement of a human muscle during voluntary contractions determined by real-time ultrasonography. *J Appl Physiol* 1985, 1996, 81: 1430-1433.
- 19) 河上敬介, 今井和泉, 磯貝 薫: 大殿筋と中殿筋の位置. *理学療法*, 2006, 23: 983-987.
- 20) 河上敬介, 磯貝 香: 骨格筋の形と触察法. 大峰閣, 1998.
- 21) 河上敬介, 今井和泉, 磯貝 薫・他: 中殿筋と小殿筋の位置と形. *理学療法*, 2006, 23: 1103-1107.
- 22) 見供 翔, 市川和奈, 宇佐英幸・他: 超音波画像を用いた異なる方向への静止性股関節外転収縮時の中殿筋前・中・後部線維における筋形状測定の検者内・間の信頼性. *日本保健科学学会誌*, 2014, 17: 5-13.
- 23) Hoffman A, Pfirrmann CW: The hip abductor at MR imaging. *Eur J Radiol*, 2010, 81: 1-8.
- 24) Stecco L, Stecco C: 筋膜マニピュレーション実践編—筋骨格系疼痛治療—. 竹井 仁 (訳), 医歯薬出版, 東京, 2011, p4.
- 25) Komi PV: Physiological and biomechanical correlates of muscle function: Effects of muscle structure and stretch-shortening cycle on force and speed. *Exerc Sport Sci Rev*, 1984, 12: 81-121.
- 26) Komi PV, Bosco C: Utilization of stored elastic energy in leg extensor muscles by men and women. *Med Sci Sports*, 1978, 10: 261-265.
- 27) 森田光明, 大橋博嗣, 大久保 衛・他: 変形性股関節症に対する運動療法の効果からみた適応. *中部整災誌*, 1998, 40: 1405-1406.
- 28) 廣橋賢次, 大橋博嗣, 大久保 衛・他: 変形性股関節症と筋力. *関節外科*, 1997, 14: 912-925.
- 29) 大橋博嗣: 二次性変股症における骨頭移動に関する基礎的研究. *中部整災誌*, 1985, 30: 808-811.