

## 科学研究費助成事業 研究成果報告書

令和 2 年 9 月 11 日現在

機関番号：32689

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2017～2019

課題番号：17K01767

研究課題名(和文) 運動器障害に対するアスレチックリハビリテーション方法の開発

研究課題名(英文) Development of athletic rehabilitation for orthopaedic problems

研究代表者

金岡 恒治 (Kaneoka, Koji)

早稲田大学・スポーツ科学学術院・教授

研究者番号：80323294

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,600,000円

研究成果の概要(和文)：運動器の障害は筋力、柔軟性、協調性(モーターコントロール)機能の低下によって、ある組織に負荷が加わり続けて発症する。器質的損傷をきたした際には手術などの整形外科的加療が必要となるが、器質的変化を生じる前の運動器障害に対してはこれらの身体機能を向上させることが有効な対処方法となる。

本研究ではワイヤ電極を用いて、深層筋である菱形筋、腹横筋、腰方形筋、梨状筋、後脛骨筋の活動解析を行い、さまざまな動作時の筋活動様式を解析し、これらの筋群の活動特性を明らかにした。またこれらの筋群を賦活化させるためのアスレチックリハビリテーションの方法について解析し、より有効性の高い方法を考案した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究によって得られた知見を応用することでより有効性の高いアスレチックリハビリテーション方法が明らかになり、広く用いられることで、肩こり、腰痛などの症状を持つものに対して運動療法が普及することが期待される。現状の整形外科的治療体系においては画像所見を認めない、身体機能低下による障害に対する対処方法は定まっていなかったが、運動療法が普及することで多くの国民の症状が軽減し、より健康的な生活を送れるようになることが期待される。

研究成果の概要(英文)：The musculoskeletal disorders develops when a certain tissue is continuously loaded due to deterioration of muscle strength, flexibility, and coordination (motor control) function. Orthopedic medical treatment such as surgery is required when organic damage occurs, however, before organic changes occur, it is important to improve the physical function of these is effective countermeasures.

In this study, we used wire electrodes to analyze the activity of the deep muscles such as rhomboid, transversus abdominis, quadratus lumborum, piriformis, and tibialis posterior, and analyzed the muscle activity patterns during various movements. The activity characteristics of these deep muscles were clarified. Moreover, the method of athletic rehabilitation for activating these deep muscles was analyzed and the more effective method was devised.

研究分野：スポーツ医学 整形外科 運動療法

キーワード：運動療法 アスレチックリハビリテーション 深層筋 インナーマッスル 身体機能 ワイヤ電極  
腰痛 肩こり

## 様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19 (共通)

### 1. 研究開始当初の背景

何らかの運動を行う際には、脊柱(関節)近傍の深部筋群(単関節)をまず収縮させて、関節の安定性を得たのちに、関節から離れたところにある大きな筋肉(多関節筋)を収縮させて大きく速い運動を作り出す筋活動様式が正しい身体の使い方であり、この様式が乱れることによって腰痛などの運動器障害を発生すると推察される。そのため“正しい身体の使い方”を身につけるために体幹深部筋に対する神経・筋促通体操を腰痛の運動療法として応用することによって腰痛に対する良好な成績が報告されつつある。

これまでの体幹筋研究で示されてきた“理想的な筋活動様式”は体幹のみならず足部、股関節、肩甲帯などの安定性が求められる関節においても存在することが推察される。足部は常に過重負荷が強いられるため適正なアーチ構造保持やバランスのとれた安定性を保つためには後脛骨筋の働きが重要と考えられているが後脛骨筋は下腿深部に位置するため表面電極ではその活動は記録できないためこれまで十分な解析が行われていない。また様々な運動時に身体の安定性を保つためには骨盤安定性を保つために股関節周囲筋群の調和のとれた活動を行うために梨状筋が重要であると考えられているが、同様の理由からその振る舞いは明らかにされていない。さらに肩のスポーツ障害や肩こりの原因として肩甲骨・肩関節の安定性低下が疑われ、肩甲骨を胸郭に安定させる作用を持つ菱形筋の筋活動様式解析も求められる。

### 2. 研究の目的

いわゆるインナーマッスルと称される後脛骨筋、梨状筋、菱形筋、体幹深部筋群(腹横筋、腰方形筋)の筋活動様式を wire 電極を用いて明らかにし、その使い方を改善するエクササイズを明らかにし、より有効なアスレティックリハビリテーションを明らかにすることを目的に本研究を計画した。

### 3. 研究の方法

#### ・後脛骨筋

健常成人男性 14 名を大学倫理委員会の審査を経て対象とし、後脛骨筋の筋活動測定には wire 電極(ユニークメディカル社)を使用し、下肢、体幹筋群には表面電極を使用し筋活動データを取得した。動作解析は赤外線カメラ(Oqus)8台を使用し、反射マーカ-23個を身体ランドマークに貼付した。課題動作は、歩行、走行、30cmの台からの片脚着地、30cmの台からの片脚ドロップジャンプ、片脚ヒールレイズとし、これらの課題動作の際の体幹、股関節、膝関節、足関節、ショパール関節、リスフラン関節の挙動と各筋活動との関連を解析した。またシューズ内に挿入して使用するインソールの使用有無や各種足部エクササイズの違いによる筋活動の変化も解析した。wire 刺入手技には相応な技術が必要であり、当初は安定した筋活動データが得られないことがあったが、11名の被験者において概ね良好なデータが得られた。

#### ・菱形筋

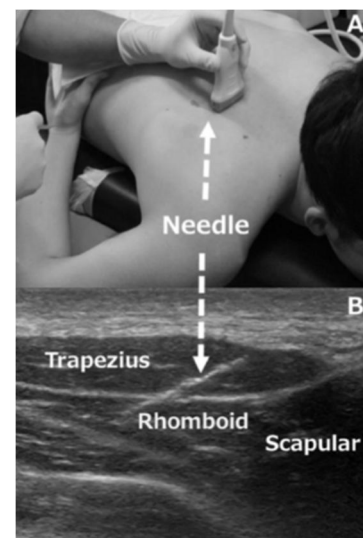
健常人志願者 16 名を大学倫理委員会の審査を経て対象とした。肩甲帯、体幹筋群には表面電極、菱形筋には wire 電極を用いた。刺入風景を右図に示す。超音波画像装置を用い、目標とする筋内にガイド針を刺入し、先端をフック状に曲げた wire 電極を留置した。赤外線反射マーカ-を使用し姿勢解析を行った。課題試技は頭部、肩峰、大転子が側方から観察して鉛直線上に位置する良姿勢保持と頭部および肩峰が前方に突出した不良姿勢保持であった。また様々な肩甲帯のエクササイズを行わせた。

#### ・梨状筋

健常人志願者 14 名を大学倫理委員会の審査を経て対象とした。下肢、体幹筋群には表面電極、梨状筋には wire 電極を用い、赤外線カメラを使用し動作解析を行った。課題動作は腹臥位での股関節伸展挙動を様々な股関節肢位で行った 12 種類、側臥位での股関節外転挙動を様々な股関節肢位で行った 6 種類、側臥位での股関節外旋挙動を様々な股関節肢位で行った 3 種類、立位ならびに四這姿勢での股関節外転挙動 4 種類を実施した。

#### ・腰方形筋

対象は健常成人男性 13 名とし、ワイヤ電極で腰方形筋前方線維・後方線維・腹横筋、表面電極で内腹斜筋・外腹斜筋・腹直筋・腰部脊柱起立筋・多裂筋を計測した。課題動作は前後左右への骨盤傾斜運動、歩行・走行、反復横跳び、跳躍動作、着地、ドロップジャンプ、急速な上



肢挙上動作、体幹スタビライゼーションエクササイズ(サイドブリッジ3種、バックブリッジ3種、フロントブリッジ8種)を実施した。

#### ・腹横筋

対象は健康成人男性13名とし、ワイヤ電極で腹横筋、表面電極で内腹斜筋・外腹斜筋・腹直筋を計測した。課題動作は、腹部を最大限膨らませる「ブレーシング」と最大限凹ませる「ドロイン」を実施した。

### 4. 研究成果

各筋活動解析の主要な結果を以下に示す。

#### ・後脛骨筋

歩行において、後脛骨筋は足部接地初期と推進期に二峰性の活動ピークを示した。また、インソールの使用によって、推進期の筋活動量が有意に低下した(裸足  $39.4 \pm 21.0\%$ 、インソール  $24.5 \pm 16.6\%$ )。走行動作時には二峰性の活動ピークは認めず、接地初期に活動ピークを迎える筋活動を示した。走行動作時の筋活動量は、ショパール関節と足関節の外返し角度と有意な正の相関関係を示し( $r=0.67$ 、 $r=0.58$ )。足部外返し挙動が大きい時、筋活動量が高いことが明らかになった。また、歩行と同様に、インソールの使用によって後脛骨筋の筋活動の有意な低下を認めた(裸足  $77.6 \pm 29.5\%$ 、インソール  $51.4 \pm 23.1\%$ )。着地動作では、接地前の空中期での後脛骨筋筋活動量と接地後のショパール関節外返し角度に有意な正の相関を認めた( $r=0.62$ )。片脚ドロップジャンプ動作では、足関節とショパール関節が内外返し方向に同程度回転する協調的な運動をする割合と、後脛骨筋、長腓骨筋の筋活動量に正の相関を認めた( $r=0.61$ 、 $r=0.59$ )。さらに、後脛骨筋の効率的なトレーニング動作を検証した結果、片脚ヒールレイズ動作を足部  $30^\circ$  内転位にて小趾球荷重で行うことで、有意に高い筋活動量を認めた<sup>1)</sup>(通常ヒールレイズ  $30.1 \pm 12.2\%$ 、外転位ヒールレイズ  $27.3 \pm 13.3\%$ 、内転位ヒールレイズ  $32.9 \pm 12.8$ )。これらの結果から後脛骨筋は、荷重動作時に足部の内外返し運動の制動と足部各部の協調的な運動に関係し、足部の安定性に寄与する可能性が示唆された。また、足部挙動をインソールにて外的に制動した場合、筋活動量は低下することが明らかになった。

#### ・菱形筋

姿勢保持試技における菱形筋は良姿勢において不良姿勢に比べ有意に高い筋活動を示した。一方、腰部脊柱起立筋は良姿勢において不良姿勢に比べ有意に低い筋活動を示した。本結果より、菱形筋を賦活化させることは筋筋膜性腰痛発症の予防や改善に寄与していることが示唆された<sup>5)</sup>。肩甲骨周囲筋エクササイズにおける菱形筋活動は5種目すべてにおいて30~50%程度の中等度の活動を示した。エクササイズ試技間における菱形筋活動に有意差を認めず、菱形筋は一定の筋活動を発揮して肩甲骨 retraction 運動に貢献していることが示唆された。上肢挙上・下降試技における菱形筋活動は同じ肩甲骨内側縁に付着する前鋸筋と協調的な活動を示した。また、菱形筋と同じ肩甲骨内転機能を有する僧帽筋中部線維の筋活動と有意差を認め、菱形筋と僧帽筋中部線維には機能的差異があることが示唆された。

#### ・梨状筋

梨状筋の筋活動量が高かった試技は股関節外旋位からの股関節伸展挙動、ならびに四這姿勢での股関節外転挙動(以下、四這外転)であった<sup>2)</sup>。特に四這外転においては、中臀筋も同様に高い活動量を示したことを踏まえると、四這外転は臀筋群のアウト筋、インナー筋両方の活動量を同時に高くする効果的なトレーニングであることが示唆された。また、四這外転速度を遅くすると、外転のアウト筋(大腿筋膜張筋)に対してインナー筋(梨状筋)の活動割合が高まることが示唆された(速度3秒:  $7.18 \pm 4.01$ 、速度1秒:  $5.73 \pm 3.14$ )。

#### ・腰方形筋(QL)

骨盤傾斜運動では同側の骨盤挙上角度とQL前方線維の活動量に正の相関関係を認めた。歩行・走行とドロップジャンプでは、QL前方線維が対側下肢支持時に同側の骨盤下制を防ぐために高い活動を示した。一方、着地ではQL後方線維が、対側下肢支持時に同側の骨盤下制を防ぐために高い活動と早い筋活動開始タイミングを示した。反復横跳びと跳躍動作では、地面を強く蹴るフェーズにおいて、QL前方線維と後方線維共に高い活動を示した。上肢挙上動作では、主に肩関節外転挙上時にQL前方線維と後方線維共に、他の体幹筋に比べて早い筋活動開始タイミングを示した。体幹スタビライゼーションエクササイズ<sup>3)</sup>では、QL前方線維・後方線維共にサイドブリッジで高い活動を示し、QLの賦活化には前額面上の体幹への負荷が有効であることが示唆された。またバックブリッジとフロントブリッジでは、QL前方線維は腹筋群と、後方線維は背筋群と協調的に活動するという線維間の活動の違いを示した。

・腹横筋：

腹横筋の筋活動量にはブレーシングとドロイン間で有意差を認めなかったが、内腹斜筋と外腹斜筋はドロインがブレーシングに比べて高い活動を示し、腹直筋はブレーシングがドロインに比べて高い活動を示した<sup>4)</sup>。

人が二足歩行において様々な動作を行う際には、関節周囲筋群の精緻な協調性によって関節の動的安定性を得て、日常生活動作や複雑なスポーツ動作を遂行している。関節周囲筋には表層に位置し複数の関節を跨ぐ表層筋と、深層に位置し一つの関節を動かす深層筋（いわゆるインナーマッスル）が存在し、深層筋を適切に収縮させることが良好な関節運動を行わせ、優れた身体運動につながると考えられている。この深層筋の役割を明らかにすることを目的に、代表的深層筋である後脛骨筋、梨状筋、菱形筋、腰方形筋、腹横筋の身体活動時の筋活動を健常人志願者を対象に wire 電極を用いて計測し解析を行った。

その結果として、つま先立ちになる際には足部安定性を高めるために後脛骨筋が働くこと、頭部重心が足部上に位置する“良い姿勢”をとる際には菱形筋の活動が高まり、同時に脊柱起立筋の活動が“不良姿勢”時に比べて減少すること、前額面上における体幹・下肢の安定性には腰方形筋の活動が必要となり、歩行や走行などの片脚荷重時には股関節周囲筋群と協調して姿勢を保持していることなどが明らかになった。

またスポーツ動作時に体幹を安定させる方法として、ドロインやブレーシングと呼ばれる収縮方法が用いられているが、これらの方法における筋活動様式を解析したところ、内外腹斜筋はドロインで高い活動を示し、これまで指導されてきたこととは異なる結果が得られ、今後詳細な検討が必要であることが確認された。

本研究によって得られた成果をリハビリテーションの現場で活かすことによって、エビデンスに基づいたより有効性の高い、人の身体機能を高めるためのアスレティックリハビリテーションが開発・実践されていくことが期待される。

参考文献

1. Akuzawa H, Imai A, Koizumi K, Okuno K, Kaneoka K. The Influence of Foot Position on Lower Leg Muscle Activity during a Heel Raise Exercise Measured with Fine-Wire and Surface EMG. *Physical Therapy in Sport*, 28:23-28, 2017.
2. Morimoto Y, Oshikawa T, Imai A, Kaneoka K. Piriformis electromyography activity during prone and sidelying hip joint movement. *Journal of Physical Therapy Science*, 30:154-158, 2018.
3. Oshikawa T, Adachi G, Akuzawa H, Okubo Y, Kaneoka K. Change in regional activity of the quadratus lumborum during bridge exercises. *Journal of Sport Rehabilitation*, in press
4. Oshikawa T, Adachi G, Akuzawa H, Okubo Y, Kaneoka K. Electromyographic analysis of abdominal muscles during abdominal bracing and hollowing among six different positions. *The Journal of Physical Fitness and Sports Medicine*, in press
5. Adachi G, Oshikawa T, Akuzawa H, Kaneoka K. Differences in the activity of the shoulder girdle and lower back muscles owing to postural alteration while using a smartphone. *The Journal of Medical Investigation*, in press

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 1件/うちオープンアクセス 1件）

1. 著者名 Akuzawa H, Imai A, Iizuka S, Kaneoka K	4. 巻 28
2. 論文標題 The influence of foot position on lower leg muscle activity during a heel raise exercise measured with fine-wire and surface EMG	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Phys Ther Sport	6. 最初と最後の頁 23-28
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 該当する

〔学会発表〕 計4件（うち招待講演 0件/うち国際学会 2件）

1. 発表者名 Oshikawa T, Adachi G, Akuzawa H, Kaneoka K
2. 発表標題 Quadratus Lumborum Activity Contributes To The Lumbar Coronal Stability
3. 学会等名 The Orthopaedic Research Society 2019 annual meeting（国際学会）
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 押川智貴 安達玄 阿久澤弘 金岡恒治
2. 発表標題 体幹スタビライゼーションエクササイズ時の筋活動解析 - 腰方形筋を含む背筋群に着目して -
3. 学会等名 第29回日本臨床スポーツ医学会学術集会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Akuzawa H, Adachi G, Kaneoka K.
2. 発表標題 Tibialis posterior muscle controls multi-segmental foot kinematics during drop jump
3. 学会等名 The Orthopaedic Research Society 2018 annual meeting（国際学会）
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 阿久澤弘, 今井厚, 飯塚哲司, 金岡恒治
2. 発表標題 ドロップジャンプ時の足部拳動と後脛骨筋筋活動.
3. 学会等名 第28回日本臨床スポーツ医学会学術集会
4. 発表年 2017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
--	---------------------------	-----------------------	----