

**科学研究費助成事業 研究成果報告書**

平成 29 年 6 月 5 日現在

機関番号：14301

研究種目：挑戦的萌芽研究

研究期間：2014～2016

課題番号：26560306

研究課題名（和文）臨床応用に向けた大腰筋および腸骨筋筋張力の非侵襲的評価方法の開発

研究課題名（英文）Noninvasive evaluation of psoas major and iliacus muscle force for clinical application

研究代表者

坪山 直生（Tsuboyama, Tadao）

京都大学・医学研究科・教授

研究者番号：90261221

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 2,800,000円

研究成果の概要（和文）：大腰筋及び腸骨筋の筋収縮時の筋張力をせん断波エラストグラフィ機能により非侵襲的に評価できる可能性が示唆された。ただし、低い運動強度でのみ可能であり、健常若年者やスポーツ選手などの最大能力を評価するためには、測定方法の改良が必要であり、今後の課題である。

また、腸骨筋に関しては、表面筋電図により筋活動を非侵襲的に評価することが可能であることが示された。本方法を用いることにより、被験者を問わず歩行など動的な運動時にも評価が可能であると思われる、今後の応用が期待される。

研究成果の概要（英文）：The psoas major and iliacus muscles have an important role in motion and stabilization of the hip and lumbar spine. Activity of these muscles can be measured only by invasive methods since the muscles are situated deeply. In this study, we examined the possibility of evaluating muscle force and activity of the psoas major and iliacus muscles noninvasively by shear-wave elastography and surface electromyogram. The results suggested that the muscle force of these muscles during muscle contraction can be evaluated noninvasively by shear-wave elastography. However, it is possible only with low exercise intensity. Further improvement is necessary to evaluate the ability of healthy young people and athletes. It was also shown that muscle activity of the iliacus muscle can be evaluated by surface electromyogram. The series of our studies have shown that muscle force and activity of the psoas major and iliacus muscles can be evaluated by clinically applicable noninvasive methods.

研究分野：運動器リハビリテーション、整形外科学

キーワード：超音波せん断波エラストグラフィー 腸骨筋 大腰筋 筋張力 評価方法

## 1. 研究開始当初の背景

大腰筋及び腸骨筋、あるいはそれらの総称である腸腰筋は、多方面で臨床的に重要視されている。加齢変化に関する調査では、大腰筋の筋断面積は50歳代から有意な低下が生じ、その低下率は大腿四頭筋よりも大きいとされている(長谷川伸・他,2008; 高橋一栄・他,2006)。また、大腰筋は腰椎に起始を持ち腰椎の安定性に貢献することが考えられる。実際に、腰痛患者を対象とした調査では、運動時に脊柱起立筋の活動が高い腰痛患者では大腰筋の活動が減少しており、筋活動バランスの異常とともに腰椎の安定性に問題を有することが危惧されている(Park RJ et al, 2013)。また、腸腰筋は、股関節へも作用を有し、力学的に股関節の安定性を高める効果があると考えられている。しかし、代表的な股関節疾患である変形性股関節症患者では、腸腰筋の筋萎縮が強く生じており、人工股関節置換術後には他の下肢筋の萎縮は概ね回復するものの、腸腰筋の萎縮は術後2年が経過しても残存すると報告されており(Rasch A et al, 2009)筋機能の障害が解決されない問題として残存している。加えて、腸腰筋の筋断面積が大きいほど、若年あるいは高齢のアスリートの能力が高いという報告もあり(金俊東・他,2001)障害だけではなくアスリートのパフォーマンスにも影響を与えている。

このように、大腰筋及び腸骨筋の重要性は広く報告されているが、その評価方法は限られている。CTやMRI画像を用いて、筋の断面積や体積を測定する方法が多用されるが、これらは安静状態での評価であり、かつ筋の収縮力を測定しているわけではないため、静的かつ間接的な評価である。一方、深層にある腸腰筋の筋活動量を測定するために、針筋電図が用いられるが、これは侵襲的な方法であり、かつ電極挿入部の限局的な活動電位を記録しているのみであり、患者を対象として広く臨床応用することが困難である。したがって現在まで、大腰筋及び腸骨筋の機能評価として、臨床応用が可能な直接的かつ非侵襲的な客観的な評価方法は皆無であった。

本研究では、非侵襲的に筋張力や筋活動を評価することが可能な、超音波診断装置せん断波エラストグラフィ機能および表面筋電図を用いて、大腰筋及び腸骨筋の筋機能を評価することを試みた。

## 2. 研究の目的

本研究課題の目的は、臨床応用が可能な非侵襲的な方法を用いて、大腰筋及び腸骨筋の筋張力及び筋活動の評価方法を開発することである。目的に応じて(1)~(5)の実験を行った。

## 3. 研究の方法

(1) 超音波診断装置せん断波エラストグラフィ機能を用いた大腰筋の筋張力評価

対象：健常若年男性 19 名(平均年齢：22.1 歳)

方法：

運動課題；座位股関節屈曲 45°位での等尺性股関節屈曲運動

運動負荷；股関節屈曲最大筋力の 0% (負荷無し自重のみ)、10%、20%、30%の負荷で実施した。安静位での筋張力も併せて測定した。

筋張力の評価方法；

せん断波エラストグラフィ機能 (SuperSonic Imagine 社製 Aixplorer) を用いて、プローブを鼠径靭帯の直下に設置し筋収縮時の大腰筋の弾性率を算出した(図1)。

各条件とも3試行を記録しその平均値を解析に用いた。

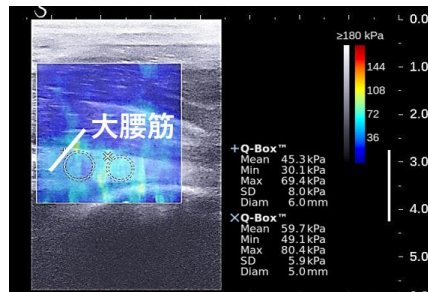


図1 せん断波エラストグラフィ機能による大腰筋の筋張力(弾性率)測定

統計解析；

筋張力について、各条件間の比較を行った (paired t test with Shaffer correction)。

(2) 超音波診断装置せん断波エラストグラフィ機能を用いた腸骨筋の筋張力評価

対象：健常若年男性 16 名(平均年齢：24.9 歳)

方法：

運動課題；座位股関節屈曲 0°、30°、60°位での等尺性股関節屈曲運動

運動負荷；股関節屈曲最大筋力の 10%、20%、30%の負荷で実施した。安静位での筋張力も併せて測定した。

筋張力の評価方法；

せん断波エラストグラフィ機能を用いて、プローブを鼠径靭帯の直下に設置し筋収縮時の腸骨筋の弾性率を算出した。

各条件とも3試行を記録しその平均値を解析に用いた。

統計解析；

筋張力について、各条件間の比較を行った (paired t test with Shaffer correction)。

(3) 股関節運動および体幹運動時の大腰筋の筋張力評価

対象：健常若年男性 19 名(平均年齢：22.1 歳)

方法：  
運動課題；  
・等尺性股関節屈曲運動（負荷なし）  
・等尺性股関節屈曲運動（最大筋力の10%負荷）  
・体幹前屈、後屈、側屈（体重の10%負荷）  
（いずれの課題も座位股関節屈曲45°位）  
筋張力の評価方法；  
せん断波エラストグラフィ機能を用いて、プローブを鼠径靭帯の直下に設置し筋収縮時の大腰筋の弾性率を算出した。  
各条件とも3試行を記録しその平均値を解析に用いた。  
統計解析；  
筋張力について、各条件間の比較を行った（paired t test with Shaffer correction）。

（4）表面筋電図を用いた腸骨筋の筋活動評価

対象：健常若年男性20名（平均年齢：22.7歳）

方法：  
運動課題；  
背臥位股関節屈曲0°位での等尺性股関節屈曲運動  
運動条件；  
・屈曲運動の負荷の増加（10%、20%、30%、40%、50%）  
・運動方向の変化（屈曲に加えて、外転、内転、外旋、内旋）  
筋活動の評価方法；

近年報告された先行研究を参照し、鼠径靭帯の直下で腸骨筋が体表に露出している部位に電極を貼付し、表面筋電計（Nolaxon社製テレマイオDTS）を用いて股関節屈曲筋群の筋活動量を計測した。

各条件とも3試行を記録しその平均値を解析に用いた。

統計解析；  
筋活動量について、各条件間の比較を行った（paired t test with Bonferroni correction）。

（5）立位姿勢の変化と腸骨筋の筋活動との関連性

対象：健常若年男性15名（平均年齢：23.7歳）

方法：  
運動課題；  
片脚立位姿勢を基準として、体幹および骨盤を矢状面、前額面、水平面で10°回旋させた姿勢11肢位とした。

筋活動の評価方法；  
表面筋電計を用いて股関節屈曲筋群の筋活動量を計測した。

各条件とも3試行を記録しその平均値を解析に用いた。

統計解析；  
筋活動量について、各条件間の比較を行った（Wilcoxon test with Holm correction）。

4．研究成果

（1）超音波診断装置せん断波エラストグラフィ機能を用いた大腰筋の筋張力評価

大腰筋の筋張力は、股関節屈曲運動の負荷の増加に応じて増加する傾向を示し、安静時と自重での股関節屈曲運動および10%、20%、30%負荷条件の間、および自重と10%、20%、30%負荷条件の間において有意差を認めた（図2）。

大腰筋は深部に存在するため、現在まで侵襲的な方法によってのみ評価が可能であったが、今回の結果により大腰筋の筋張力を非侵襲的方法により評価することが可能であることが示された。

しかし、運動強度と筋張力の増加との関連性が有意にみられたのは最大筋力の10%程度までと限定されるため、スポーツ選手などを対象として高負荷運動時の評価は困難であり今後の課題である。

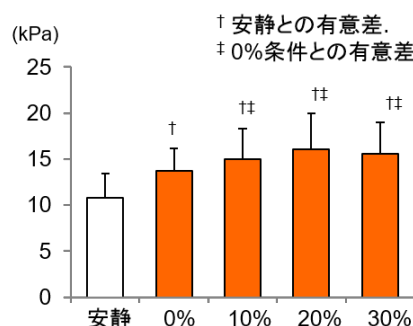


図2 股関節屈曲運動の負荷の変化に伴う大腰筋筋張力の変化

（2）超音波診断装置せん断波エラストグラフィ機能を用いた腸骨筋の筋張力評価

腸骨筋の筋張力は、股関節屈曲0°位では安静時に比べて10%、20%、30%負荷条件で有意に増加した。股関節屈曲30°位では安静時に比べて10%、20%、30%負荷条件で有意に増加し、さらに10%にくらべて20%負荷条件でも有意に増加した。股関節屈曲60°位でも、安静時に比べて10%、20%、30%負荷条件で有意に増加し、さらに10%にくらべて20%負荷条件でも有意に増加した（図3）。

本研究により、大腰筋と同じく腸骨筋についても、運動時の筋張力を非侵襲的に評価できる可能性が示された。これにより、腸腰筋を構成する腸骨筋と大腰筋の評価が可能となり、腸腰筋としての総合的な評価が可能となった。

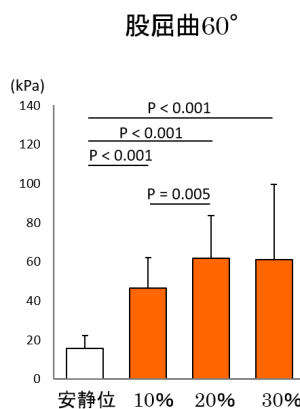
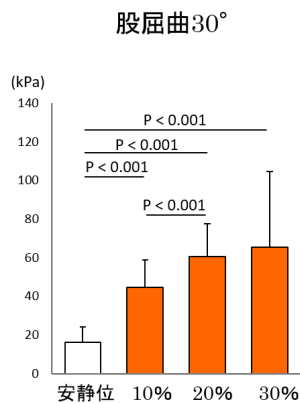
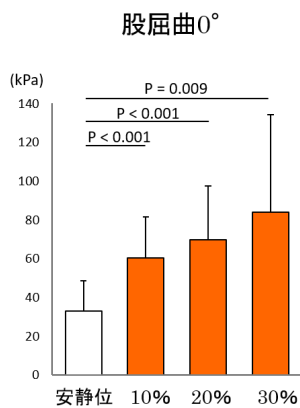


図3 股関節屈曲運動の負荷の変化に伴う腸骨筋筋張力の変化 (股関節屈曲 0°, 30°, 60° 位)

### (3) 股関節運動および体幹運動時の大腰筋の筋張力評価

負荷なしでの股関節屈曲運動に対して10%負荷条件での股関節屈曲運動で有意に筋張力の増加を認めた。また、負荷なしでの股関節屈曲運動に対して体幹側屈も有意に筋張力の増加を示した。体幹側屈と10%負荷条件での股関節屈曲運動は、同程度の筋張力値を示した(図4)。

本研究において大腰筋の筋張力が増加した運動課題は、モーメントアームから推定される大腰筋の主要な作用(股関節屈曲および体幹側屈作用)と一致しており、せん断波エラストグラフィ機能による大腰筋筋張力評価の妥当性を示すものと考えられる。

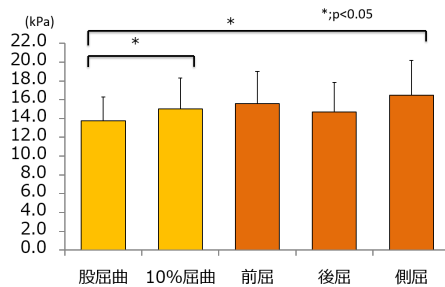


図4 股関節運動および体幹運動時の大腰筋筋張力

### (4) 表面筋電図を用いた腸骨筋の筋活動評価

本研究の結果、腸骨筋の筋活動量は、股関節屈曲運動のみおよび股関節屈曲外転運動において高値を示し、股関節屈曲外転運動のほうが股関節屈曲運動のみよりも高値を示した。

また、選択的筋活動指数として、股関節屈筋(腸骨筋、大腿直筋、大腿筋膜張筋、縫工筋、長内転筋)の中における腸骨筋の筋活動比においては、股関節屈曲運動のみおよび股関節屈曲外転運動が同程度に高値を示した(図5)。

本研究により、比較的表面を走行している腸骨筋については、表面筋電図により筋活動量の評価が可能であることが示され、臨床での応用についての可能性が示された。

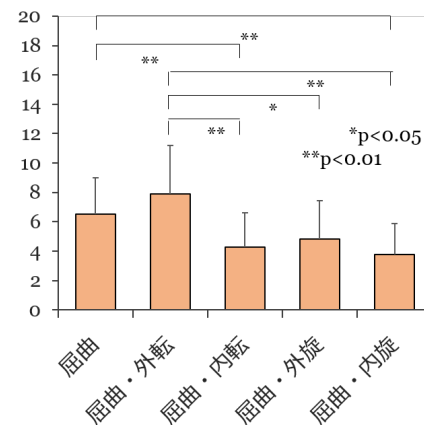


図5 股関節屈曲運動の方向と腸骨筋筋活動

### (5) 立位姿勢の変化と腸骨筋の筋活動との関連性

腸骨筋の筋活動量は、体幹後傾や体幹対側傾斜、骨盤・体幹の支持側回旋肢位で増加を認めた。他の股関節屈曲筋群は、特に骨盤・体幹後傾肢位で筋活動の増加を認めた。

股関節屈曲筋群の中での腸骨筋の筋活動比は、骨盤・体幹の前傾および対側傾斜で増加するとともに、骨盤・体幹後傾では低値を示した(図6)。

本研究により、立位姿勢の変化と腸骨筋の筋活動量の変化との関連性が初めて明らかになった。特に骨盤・体幹後傾肢位は、腸骨筋の相対的な筋活動の低下が生じるため、股関節周囲筋の筋活動バランスが悪化しやすい姿勢である可能性が示された。

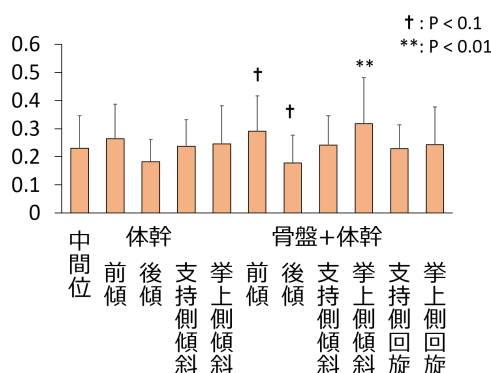


図 6 立位姿勢の変化と腸骨筋筋活動量

上記の通り、(1)から(5)の実験を通じて、大腰筋及び腸骨筋の筋収縮時の筋張力をせん断波エラストグラフィ機能により非侵襲的に評価できる可能性が示唆された。ただし、低い運動強度でのみ可能であり、健康若年者やスポーツ選手などの最大能力を評価するためには、測定方法の改良が必要であり、今後の課題である。

また、腸骨筋に関しては、表面筋電図により筋活動を非侵襲的に評価することが可能であることが示された。本方法を用いることにより、被験者を問わず歩行など動的な運動時にも評価が可能であると思われ、今後の応用が期待される。

## 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1件)

建内宏重、協調からみる関節運動・姿勢の制御と運動器理学療法、査読無し、43巻、2016、31-34

<http://doi.org/10.14900/cjpt.43S3.31>

〔学会発表〕(計8件)

水上優、建内宏重、八木優英、本村芳樹、市橋則明、片脚立位時の骨盤・体幹の姿勢変化が股関節屈筋群の筋活動に与える影響—姿勢変化に伴う腸腰筋の筋活動特性—、第52回日本理学療法学会大会、2017

<http://doi.org/10.14900/cjpt.2016.0275>

近藤勇太、建内宏重、坪山直生、市橋則明、せん断波エラストグラフィ機能を用いた腸骨筋筋張力の非侵襲的測定、第3回日本運動器理学療法学会学会大会、2016

建内宏重、近藤勇太、市橋則明、坪山直生、

股関節および腰椎運動時の大腰筋筋張力の非侵襲的測定、第28回日本運動器科学会、2016

水上優、建内宏重、近藤勇太、坪山直生、市橋則明、股関節内外転角度と運動方向が腸腰筋の筋活動に与える影響、第43回日本股関節学会学会大会、2016

水上優、建内宏重、近藤勇太、坪山直生、市橋則明、股関節の運動方向の違いによる腸腰筋筋活動の変化、第51回日本理学療法学会大会、2016

<http://doi.org/10.14900/cjpt.2015.0088>

近藤勇太、建内宏重、水上優、坪山直生、市橋則明、股関節屈曲トルク増加に伴う股関節屈曲筋群の筋活動の変化、第51回日本理学療法学会大会、2016

<http://doi.org/10.14900/cjpt.2015.0406>

近藤勇太、建内宏重、坪山直生、市橋則明、股関節屈曲運動と体幹運動時の大腰筋筋張力の比較 - せん断波エラストグラフィ機能を用いた検討 -、第50回日本理学療法学会大会、2015

<http://doi.org/10.14900/cjpt.2014.1368>

Tateuchi H, Kondo Y, Tsuboyama T, Ichihashi N, Noninvasive muscle force evaluation of the psoas major during isometric hip flexion, XXV congress of the international society of biomechanics

〔図書〕(計0件)

〔産業財産権〕

○出願状況(計0件)

○取得状況(計0件)

〔その他〕

研究室ホームページ:

<http://clin-biomech.hs.med.kyoto-u.ac.jp/>

## 6. 研究組織

(1)研究代表者

坪山直生 (TSUBOYAMA, Tadao)

京都大学・大学院医学研究科・教授

研究者番号: 90261221

(2)研究分担者

市橋則明 (Ichihashi, Noriaki)

京都大学・大学院医学研究科・教授

研究者番号: 50203104

建内宏重 (Tateuchi, Hiroshige)

京都大学・大学院医学研究科・助教

研究者番号: 60432316