

令和 4 年 6 月 7 日現在

機関番号：14301

研究種目：挑戦的研究（萌芽）

研究期間：2018～2021

課題番号：18K19738

研究課題名（和文）超音波画像診断装置を用いた股関節不安定性の静的および動的評価方法の開発

研究課題名（英文）Development of static and dynamic evaluation method for hip joint instability using ultrasound

研究代表者

建内 宏重（Tateuchi, Hiroshige）

京都大学・医学研究科・准教授

研究者番号：60432316

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 4,700,000円

研究成果の概要（和文）：本研究課題では、変形性股関節症のリスクとなり得る静的及び動的股関節不安定性を客観的に簡便に評価する方法の開発を目指した。臨床における評価方法の開発を鑑みて、超音波画像診断装置による評価方法の開発を試みた。

MRIによる大腿骨頭の変位量測定を基準として、同一運動時の超音波による大腿骨頭変位量との関連性を検証した。その結果、健常者と股関節痛を有する者との間で、ある程度の差異を検出することができた。さらに股関節不安定性に関わる軟部組織の動態に関して、超音波剪断波エラストグラフィーを用いた計測による筋の弾性率に当該筋の断面積を乗じることで筋張力の推定が可能であることなどを明らかにした。

研究成果の学術的意義や社会的意義

股関節不安定性は変形性股関節症の発症や進行のリスクとなり得る重大な病態であるが、その客観的かつ臨床的な評価方法は確立されていない。本研究課題において、我々は、超音波画像診断装置という臨床的に使用頻度の高い計測機器により、関節の不安定性をある程度計測することが可能であること、また、その不安定性に大きな影響を与えていると考えられる筋張力を、超音波エラストグラフィー機能により推定可能であることなどを明らかにした。本研究課題における研究結果は、股関節不安定性の評価方法の確立に向けて重要な知見を提供するものである。

研究成果の概要（英文）：In this research project, we aimed to develop a method for static and dynamic evaluation of hip joint instability, which may be a risk of hip osteoarthritis. In view of the development of clinical evaluation method, we tried to develop an evaluation method using an ultrasound.

Based on the measurement of the displacement of the femoral head by MRI, the relationship with the displacement of the femoral head by ultrasound during the same exercise was verified. As a result, it was possible to detect some differences between healthy subjects and those with hip pain. Furthermore, regarding the dynamics of soft tissues related to hip joint instability, it was clarified that muscle force can be estimated by multiplying the elastic modulus of the muscle by measurement using ultrasonic shear wave elastography by the cross-sectional area of the muscle.

研究分野：理学療法

キーワード：リハビリテーション 変形性股関節症 予防 理学療法

## 1. 研究開始当初の背景

変形性股関節症は、本邦で約 120 から 510 万人の患者が存在するとされ、高齢化により患者数は増加の一途をたどっている。変形性股関節症の発症・進行には股関節の不安定性が重大な影響を与えていると考えられている。しかし、その臨床的評価方法はまだ確立されていない。そこで本研究課題においては、「超音波画像診断装置」を用いた股関節不安定性の評価方法を開発することを当初の目的とした。

股関節不安定性は静止状態での評価(静的評価)に関する報告はわずかながらあるものの、歩行など動作場面での評価(動的評価)に関する報告は皆無である。不安定性の解明には実際に荷重がかかったこの動的評価が不可欠である。そこで、「超音波画像診断装置」を用いて動作場面での関節内部の骨運動を撮影し評価をすることも目指した。

超音波画像診断装置の活用は、関節異常運動の基礎的研究を進める新たな手法の提示となる。また非侵襲的かつ簡便であることから、大規模な病院だけでなく診療所やクリニックなど多くの一般的な臨床現場でも広く普及させることができる。よって、超音波画像診断装置を使った新たな評価方法の開発は、変形性股関節症の初期段階からの関節異常運動の病態把握を格段に改善し、変形性股関節症の発症・進行予防を目的とした治療の飛躍的發展に繋がると考えた。

## 2. 研究の目的

本研究の目的は、超音波画像診断装置を用いて、静的および動的な股関節不安定性の評価方法を開発することとした。

## 3. 研究の方法

### (1) 股関節不安定性の静的評価

股関節に病態を有さない健常者 6 名および股関節痛を有する者 6 名を対象として、以下の肢位での寛骨臼と大腿骨頭との位置関係を解析した。

背臥位で他動的に保持された肢位(股関節伸展 0°位・20°位、股関節屈曲 20°位)

同肢位(股関節伸展 0°位・20°位、股関節屈曲 20°位)を自力で保持(筋収縮時評価)

データ解析においては、上記、について、同条件で超音波診断装置 B モードにより骨頭変位量を測定し(各 3 回測定し平均値を求める)、MRI と超音波診断装置による各評価値の関連性を検証した。

### (2) 股関節不安定性に関わる筋張力解析と軟部組織の動態解析

#### 超音波を用いた筋張力の推定について

運動時に生じる筋張力は、関節負荷に与える影響が極めて大きい。そのため、筋張力の異常が関節運動の異常や関節不安定性を引き起こす主要な要因になると考えられるが、筋張力を評価する方法は確立されていない。そこで我々は、超音波剪断波エラストグラフィにより計測される筋の弾性率、および筋の構造的指標(筋厚および筋断面積)を用いて、筋張力の推定が可能か検証を行った。

健常若年者 12 名を対象として、上腕三頭筋外側頭に対して 5Nm から最大筋力の 60% までの漸増的力発揮を行った。その際、超音波画像診断装置の B モードとエラストグラフィ機能を用いて、筋厚、筋断面積と収縮時の筋弾性率を計測した。発揮筋力と弾性率、弾性率×筋厚、弾性率×筋断面積の関係性を Pearson の相関係数を用いて分析した。

#### 股関節前面の関節包靭帯の挟み込み現象の検証

近年、股関節前方での関節包靭帯の挟み込み現象が生じていることが、股関節前方での疼痛に関わる一病態であることが指摘されている。しかし、生体においてその病態の有無を検証した報告は存在しない。股関節不安定性と関わる本病態の検証を、生体において試みた。

前方インピンジメントテスト陰性の健常者 10 名ならびに、前方インピンジメントテスト陽性の者 1 名を対象とした。

MRI を用いて、股関節屈曲 0°位、屈曲 60°位、最大屈曲位、最大屈曲+内転位の 4 肢位にて撮影を行い、大腿骨と関節包靭帯をモデル化し、その間の最小距離を関節包-大腿骨間距離として求めた(図 1)。関節包-大腿骨間距離が 0 の場合に、大腿骨と関節包は接している(挟み込まれている)と定義し、1 サンプル t 検定ならびに反復測定一元配置分散分析を実施した。

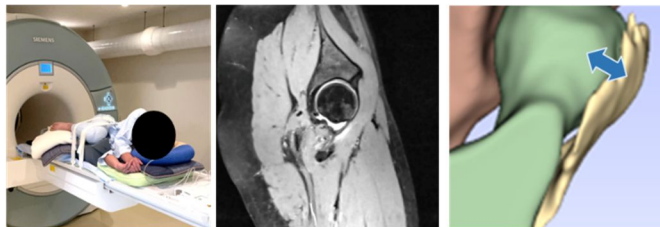


図1 MRIによる股関節関節包靭帯の挟み込み現象の検証

MRI撮影によりモデル化された大腿骨と関節包靭帯との距離を計測することで、股関節前方での関節包靭帯の挟み込み現象の検証を行った。

## 4. 研究成果

### (1) 股関節不安定性の静的評価

条件（他動保持条件）と条件（自動保持条件）との差分を計測したところ、健常者と股関節痛者との間で差を認め、股関節痛者の方が骨頭が前方へと変位する傾向を認めた（図2）。

本研究結果により、超音波画像診断装置を用いた股関節不安定性評価が行える可能性が示唆された。しかし一方、超音波画像診断装置を用いた骨頭変位量計測の妥当性においては、その基準と下MRIを用い骨モデルの精度に改善の余地があり、今後、引き続き評価方法の精度と妥当性を検証していく必要がある。

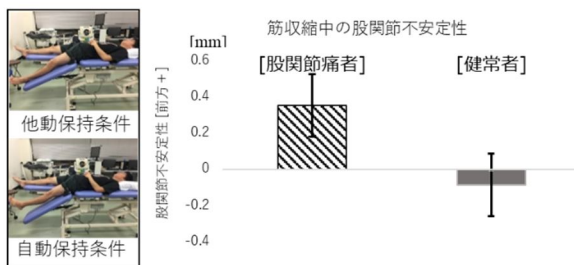


図2 超音波画像診断装置による股関節前方不安定性の評価

同一肢位での他動保持条件と自動保持条件との差分において、健常者では骨頭変位はほぼ認められないが、股関節痛者では骨頭の前方への変位を認める。

### (2) 股関節不安定性に関わる筋張力解析と軟部組織の動態解析

#### 超音波を用いた筋張力の推定について

発揮筋力との相関関係においては、弾性率のみよりも弾性率×筋厚、もしくは弾性率×筋断面積との相関関係の方が優位に高値であった（図3）。さらに、変動係数は、弾性率×筋断面積で最も小さく、次いで、弾性率×筋厚、弾性率のみの順であった。

本研究の結果から、筋張力を推定するためには、筋弾性率のみでなく、筋弾性率に筋の構造的指標（筋厚や筋断面積）を加味した指標が有用であることが示唆された。

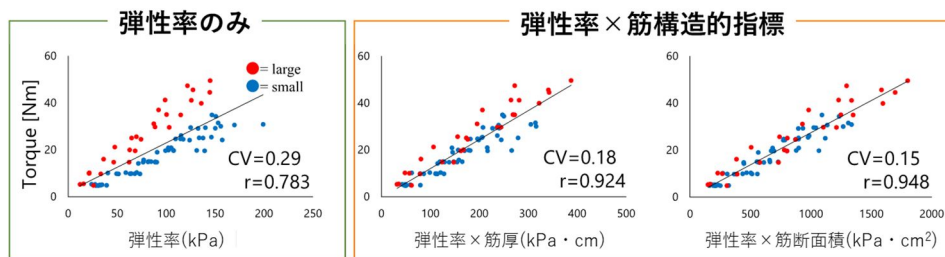


図3 発揮筋力と筋弾性率および筋弾性率×筋構造的指標との関連性

弾性率のみよりも、弾性率×筋構造的指標（筋厚や筋断面積）の方が、発揮筋力との高い相関関係を示した。

#### 股関節前面の関節包靭帯の挟み込み現象の検証

関節包-大腿骨間距離を4肢位で比較したところ、すべての肢位で関節包-大腿骨間距離は0より有意に離れており、従来考えられている挟み込み現象は観察されなかった（図4）。

また、反復測定一元配置分散分析の結果、4肢位間での有意な差は認められず、関節包-骨頭間距離の変化は認められなかった。

さらに、前方インピンジメントテスト陽性者における検証の結果、健常者と同様の傾向を認め、インピンジメント陽性者における特異的な動態は観察されなかった（図5）。

股関節不安定性や鼠径部痛に関して、近年、関節包靭帯の挟み込み現象が生じている可能性が考えられ、関節包靭帯と連続性を有する iliocapsularis などの筋が関節包靭帯を引き出すことでその挟み込み現象が抑制されることが示唆されている。しかし、本研究課題の結果、その様な挟み込み現象は生体においては生じにくい可能性が示唆された。理由としては、股関節前方の関節包靭帯は生体においても最も厚みのある関節包および靭帯組織であり、股関節屈曲位においても容易に折りたたまれるような組織ではないことが挙げられる。また、股関節屈曲時には、股関節後面の軟部組織が伸張されるため股関節内の関節液が前方へと移動し、関節包靭帯を前方へと押し出す力が発生することなどが、その理由と考えられる。

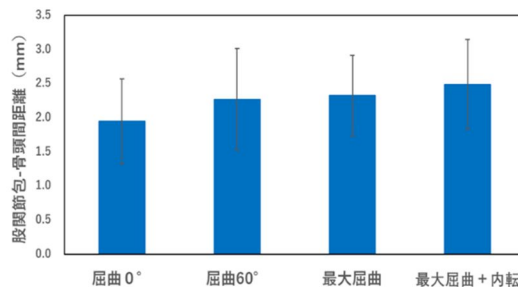


図4 各肢位における関節包-大腿骨間距離

いずれの肢位でも関節包-大腿骨間距離は0よりも大きく、挟み込み現象は確認されなかった。

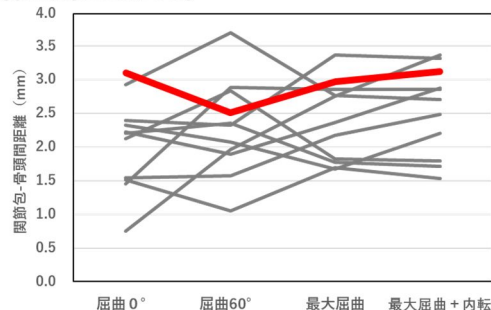


図5 前方インピンジメント陽性者における結果

前方インピンジメント陽性者においても、関節包-大腿骨間の挟み込み現象は確認されなかった。灰色は健常者、赤色はインピンジメント陽性者の結果を示す。

### (3) まとめ

股関節不安定性は変形性股関節症の発症や進行のリスクとなり得る重大な病態であるが、その客観的かつ臨床的な評価方法は確立されていない。本研究課題において、我々は、超音波画像診断装置という臨床的に使用頻度の高い計測機器により、関節の不安定性をある程度計測することが可能であること、また、その不安定性に大きな影響を与えていると考えられる筋張力を、超音波エラストグラフィ機能により推定可能であることなどを明らかにした。本研究課題における研究結果は、股関節不安定性の評価方法の確立に向けて重要な知見を提供するものである。

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 0件 / うちオープンアクセス 0件）

1. 著者名 Yagi M, Tateuchi H, Umehara J, Motomura Y, Hirono T, Nojiri S, Pataky TC, Ichihashi N.	4. 巻 112
2. 論文標題 Muscle size-scaled shear elastic modulus: A muscle force index independent of maximal voluntary contraction, assessed during elbow extension	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Journal of Biomechanics	6. 最初と最後の頁 110049
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1016/j.jbiomech.2020.110049	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

〔学会発表〕 計3件（うち招待講演 2件 / うち国際学会 1件）

1. 発表者名 建内宏重
2. 発表標題 変形性関節症の進行予防に向けた運動療法. 中高齢者に対する運動療法の展開.
3. 学会等名 第52回日本リハビリテーション医学会学術集会シンポジウム（招待講演）
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Yagi M, Tateuchi H, Umehara J, Motomura Y, Hirono T, Nojiri S, Pataky TC, Ichihashi N
2. 発表標題 Muscle size-scaled shear elastic modulus is strongly correlated with muscle force during submaximal isometric contraction
3. 学会等名 24th Annual Congress of the European College of Sport Science（国際学会）
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 建内宏重
2. 発表標題 臨床推論に必要な評価とその展開方法（運動器）.
3. 学会等名 第1回道北理学療法学術研修大会（招待講演）
4. 発表年 2019年

〔図書〕 計1件

1. 著者名 建内宏重	4. 発行年 2020年
2. 出版社 ヒューマン・プレス	5. 総ページ数 272
3. 書名 股関節・協調と分散から捉える	

〔産業財産権〕

〔その他〕

臨床バイオメカニクス研究室 <a href="http://clin-biomech.hs.med.kyoto-u.ac.jp/">http://clin-biomech.hs.med.kyoto-u.ac.jp/</a> 京都大学臨床バイオメカニクス研究室 <a href="http://clin-biomech.hs.med.kyoto-u.ac.jp/">http://clin-biomech.hs.med.kyoto-u.ac.jp/</a>
--

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
研究分担者	市橋 則明  (Ichihashi Noriaki)  (50203104)	京都大学・医学研究科・教授    (14301)	

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関
---------	---------