股関節屈曲位における腸腰筋の筋厚測定の内検者内 および検者間信頼性

Intra- and Inter-rater Reliabilities of Measurements of Iliopsoas Thickness in Hip Flexion

宮地 諒¹⁾ 出口 美由樹¹⁾ 原 淳子¹⁾ 盛岡 哲也¹⁾
波 拓夢¹⁾ 宮崎 純弥²⁾

Ryo MIYACHI, RPT, PhD¹⁾, Miyuki DEGUCHI, RPT¹⁾, Junko HARA, RPT¹⁾, Tetsuya MORIOKA, RPT¹⁾,
Takumu NAMI, RPT¹⁾, Junya MIYAZAKI, RPT, PhD²⁾

¹⁾ Department of Rehabilitation, Ishikawa-ken Saiseikai Kanazawa Hospital: Ni-13-6 Akatsuchimachi, Kanazawa-shi, Ishikawa
920-0353, Japan TEL +81 76-266-1060 E-mail: ryomiyati@yahoo.co.jp

²⁾ Department of Physical Therapy, Faculty of Health Science, Kyoto Tachibana University

Rigakuryoho Kagaku 34(4): 523-527, 2019. Submitted Mar. 5, 2019. Accepted Apr. 17, 2019.

ABSTRACT: [Purpose] To investigate the intra- and inter-rater reliabilities of measurements of the iliopsoas thickness, and the change in iliopsoas thickness due to hip flexion. [Participants and Methods] The participants were 13 healthy young males. Iliopsoas thickness was measured in hip flexion of 0, 15, 30, 45 and 60 degrees at the center of the groin area using sonography. The intra- and inter-rater reliabilities of measurements of iliopsoas thickness were calculated, and the iliopsoas thickness was compared among the hip flexion positions. [Results] When hip joint flexion was 45° or less, both the intra- and inter-rater reliabilities of measurements of the iliopsoas thickness were high. Systematic bias was not found at any of the hip flexion angles. The iliopsoas thickness increased with hip flexion. [Conclusion] Highly reproducible data can be obtained by measuring iliopsoas thickness at hip flexion of 45° or less. However, as the thickness of the iliopsoas thickness changes with hip flexion, making it necessary to consider the hip flexion angle when measuring it.

Key words: sonography, iliopsoas, reliability

要旨:〔目的〕股関節屈曲位での腸腰筋筋厚の内検者内・検者間信頼性と股関節屈曲に伴う腸腰筋の筋厚変化を調べる。〔対象と方法〕健康成人男性13名を対象とした。超音波画像診断装置を用いて鼠径部中央にて背臥位で股関節屈曲0°, 15°, 30°, 45°, 60°で腸腰筋筋厚を2回ずつ計測し、検者内・検者間の信頼性と股関節屈曲0°と屈曲位の腸腰筋筋厚変化を解析した。〔結果〕股関節屈曲45°以下では級内相関係数は高値を示した。系統誤差は全ての股関節屈曲角度でみられなかった。腸腰筋筋厚は股関節屈曲位が屈曲0°よりも高値であった。〔結語〕股関節屈曲45°以下での腸腰筋の筋厚測定では信頼性の高いデータが得られる。また、股関節屈曲に伴い腸腰筋筋厚が変化するため股関節屈曲角度を考慮する必要がある。

キーワード: 超音波画像診断装置, 腸腰筋, 信頼性

¹⁾ 石川県済生会金沢病院 リハビリテーション部: 石川県金沢市赤土町二13-6 (〒920-0353) TEL 076-266-1060

²⁾ 京都橘大学 健康科学部 理学療法学科

I. はじめに

腸腰筋は単純な股関節の屈曲作用だけではなく股関節や腰椎の安定性^{1,2)}、骨盤位置の調整³⁾など多くの機能を有し、筋力などの機能に加えて筋形態に関しても定量的な評価は重要である。しかしながら腸腰筋は深層に位置するため定量的な評価が困難であり、正確かつ簡易的な評価方法が少ないことが課題である^{4,5)}。

筋を非侵襲的に評価する方法として超音波画像診断装置を用いた画像評価があり、臨床や研究のなかで広く使用されている⁶⁻⁸⁾。磁気共鳴画像診断装置と比較し、超音波画像診断装置は簡便かつ任意の肢位での撮像が可能であることや、リアルタイムで情報を得られるという利点がある。その一方で、プローブ操作の技術的な習熟が必要であることや⁹⁾、筋厚評価が筋量の計測には有用であるが筋活動を反映しない点¹⁰⁾が欠点として挙げられる。筋厚が筋活動を反映しない理由に、筋・筋膜の伸張性¹⁰⁾や収縮様式などいくつかの要因があるが、その一つとして測定条件が一般化されていないことがある。

超音波画像による評価はプローブの関係上多くの場合において筋全体の評価が困難であり、一定区間を抽出した評価となる。そのため超音波画像を用いた報告では関節角度の変化や筋収縮が生じた際の筋全体の形態情報を捉えた報告はないに等しい。測定部位によって関節角度の変化や筋収縮に伴う筋厚変化の増減やその程度が異なることが予想されるが、各筋で筋厚変化が筋活動などを反映しやすい測定部位や関節角度などの測定条件は明らかにされていない。したがって筋厚評価を臨床応用するうえで、様々な測定条件での筋厚変化に関する基礎情報を検討することが重要であり、その測定条件での信頼性についても併せて検討する必要があると考えられる。

腸腰筋に関して磁気共鳴画像診断装置と超音波画像診断装置にて測定した筋厚と差がなく、超音波画像診断装置における検者間の信頼性が高いことがMendisら⁹⁾により示されている。しかし、股関節屈曲0°のみの測定信頼性の報告であり、股関節屈曲0°だけでなく関節可動域制限により股関節屈曲位で撮像せざるを得ないことや、スクワットなど股関節屈曲位での動作中の活動の評価を求められることが想定される。股関節屈曲角度が増加することでプローブの操作性や腸腰筋形態が股関節伸展位と異なることが予想されるが、どの程度の股関節屈曲角度まで信頼性がある計測結果が得られるのかということや、股関節屈曲に伴う腸腰筋の筋厚（以下、腸腰筋厚）変化の基礎情報については報告されていない。

そこで本研究の目的は、超音波画像診断装置を使用し、測定条件のなかで特に信頼性が低くなることが予想される股関節屈曲位での腸腰筋厚の検者内および検者間の信頼性について検討することとした。さらに、股関節屈曲角度の増加に伴い、非収縮時においても腸腰筋厚が増加

することが予測されるため腸腰筋厚の変化についても検討することとした。

II. 対象と方法

1. 対象

下肢や脊柱に関節障害などの既往がなく、日常生活に影響する疼痛がない健康成人男性13名（28.0 ± 4.9歳、173.1 ± 5.1 cm、69.8 ± 5.2 kg：平均 ± 標準偏差）を対象とした。本研究は石川県済生会金沢病院倫理委員会の承認を得て実施した（受付番号：平成30年度申請第22号）。被験者には事前に研究の目的および内容について、得られたデータを研究以外には使用しないこと、および個人情報の漏洩に注意することについて十分に説明し、参加の同意署名を得たうえで実施した。

2. 方法

測定肢位は安静背臥位とし、角度調整が可能な台上に両側下肢を置くことで股関節屈曲角度を調整した。股関節屈曲角度は屈曲0°、15°、30°、45°、60°に設定し、利き脚（ボールを蹴る方の下肢）にて2回ずつ測定した。腸腰筋の撮像は超音波画像診断装置（LOGIQe, GEヘルスケアジャパン社製）を使用し、Bモードにてリニアプローブ（10 MHz）を用いて行った。測定部位は鼠径部中央（ASISと恥骨結合を結んだ線の中点）にて腸腰筋を確認後、筋収縮を行い腸腰筋を同定した。検者ごとに各角度での測定を行う際に、プローブ位置を一定とするために鼠径部中央にあらかじめマーキングを施し、その上にプローブを接触して腸腰筋の短軸像を撮像した。

検者内信頼性の検討では、検者A（臨床経験年数9年）が初回測定日の7日後に同様の方法で2回目の撮像を行った。検者間信頼性の検討では検者は2名とし、検者Aが撮像し終えた後、一定時間をおいて同様の方法にて検者B（臨床経験年数3年）が撮像を行った。なお、検者Aの測定結果について検者Bがわからない状況としたうえで検者Bが測定を実施した。取得した超音波画像診断装置の画像から解析プログラムImageJ（アメリカ国立衛生研究所製）にて筋膜の境界を基準に腸腰筋の最大長を計測した。2回の測定値の平均値を算出し腸腰筋厚の値とした。

統計解析はSPSS 19（IBM SPSS Statistics, IBM社製）を使用した。Shapiro-Wilk検定にてデータの正規性を確認した。相対的信頼性は級内相関係数（Intraclass correlation coefficient：以下、ICC）を用い、検者Aの初回測定値と2回目測定値の検者内信頼性ICC（1.2）および検者Aの初回測定値と検者B測定値の検者間信頼性ICC（2.2）を算出した。また、絶対的信頼性を確認するためにBland-Altman分析を行い、系統誤差を確認した^{11,12)}。Bland-Altman分析では検者Aの初回測定

値と検者 A の 2 回目測定値および検者 B の測定値の差を y 軸, 2 つの測定値の平均値を x 軸とする散布図を作成した。可視的な判断だけでなく, 統計学的に固定誤差の有無を判断するために 2 つの測定値の差の平均値の 95% 信頼区間を算出し, 区間内に 0 を含まない場合に固定誤差が存在すると判断した。比例誤差の有無の判断には, 相関の有意性の検定を行った。n を標本数, r を 2 つの測定値の差と 2 つの測定値の平均値の相関係数とし, $t = r\sqrt{n-2/(1-r^2)}$ の式により t 値を算出した。t 値が自由度 n-2, 有意水準 5% の t 値よりも大きければ有意な相関があると判断した。誤差範囲の検討には 2 つの測定値の差の標準偏差を用いた最小可検変化量の 95% 信頼区間 (2 つの測定値の差の標準偏差 $\times$ 1.96) を算出し使用した。股関節屈曲 0° と股関節屈曲位の腸腰筋厚の比較は Dunnett 検定を適用した。

III. 結 果

各股関節角度における腸腰筋厚の検者内の ICC の値と Bland-Altman 分析の結果を表 1 に, 検者間での ICC の値と Bland-Altman 分析の結果を表 2 に, 腸腰筋厚の平均値 $\pm$ 標準偏差を表 3 に示した。ICC (1.2) は各股関節屈曲角度で 0.74~0.93 であり股関節屈曲 60° が 0.74 と最も低値を示した (表 1)。ICC (2.2) は 0.87~0.92 であり股関節屈曲 15° が 0.87 と最も低値であった (表 2)。Bland-Altman 分析の結果, 検者内の測定値の差の 95% 信頼区間は 0° は -0.13~0.13, 15° は -0.09~0.08, 30° は -0.07~0.13, 45° は -0.10~0.19, 60° は -0.17~0.15 であった (表 1)。

検者間の測定値の差の 95% 信頼区間は 0° は -0.02~0.18, 15° は -0.11~0.15, 30° は -0.08~0.15, 45° は

表 1 各股関節屈曲角度における腸腰筋筋厚の検者内の相対的および絶対的信頼性

股関節屈曲角度 (°)	0	15	30	45	60
検者内再現性 ICC (1.2)	0.86	0.93	0.90	0.84	0.74
95% 信頼区間	0.56~0.96	0.79~0.98	0.70~0.97	0.48~0.95	0.18~0.92
測定値の差の 95% 信頼区間	-0.13~0.13	-0.09~0.08	-0.07~0.13	-0.10~0.19	-0.17~0.15
固定誤差の有無	無	無	無	無	無
相関の有意性	0.14	1.79	0.12	1.95	1.95
比例誤差の有無	無	無	無	無	無
最小可検変化量の 95% 信頼区間 (cm)	0.42	0.29	0.33	0.46	0.52

ICC : Intraclass correlation coefficient.

表 2 各股関節屈曲角度における腸腰筋筋厚の検者間の相対的および絶対的信頼性

股関節屈曲角度 (°)	0	15	30	45	60
検者間再現性 ICC (2.2)	0.90	0.87	0.92	0.88	0.90
95% 信頼区間	0.66~0.97	0.57~0.96	0.74~0.97	0.61~0.96	0.69~0.97
測定値の差の 95% 信頼区間	-0.02~0.18	-0.11~0.15	-0.08~0.15	-0.08~0.13	-0.08~0.16
固定誤差の有無	無	無	無	無	無
相関の有意性	0.33	0.01	0.15	0.71	0.16
比例誤差の有無	無	無	無	無	無
最小可検変化量の 95% 信頼区間 (cm)	0.33	0.34	0.37	0.34	0.39

ICC : Intraclass correlation coefficient.

表 3 各股関節屈曲角度における腸腰筋筋厚

股関節屈曲角度 (°)	0	15	30	45	60
検者 A (初回) 腸腰筋筋厚 (cm)	2.65 $\pm$ 0.29	2.79 $\pm$ 0.31*	2.92 $\pm$ 0.27 [†]	3.02 $\pm$ 0.28 [†]	3.11 $\pm$ 0.34 [†]
検者 A (2 回目) 腸腰筋筋厚 (cm)	2.65 $\pm$ 0.30	2.80 $\pm$ 0.25*	2.95 $\pm$ 0.28 [†]	3.06 $\pm$ 0.34 [†]	3.09 $\pm$ 0.22 [†]
検者 B 腸腰筋筋厚 (cm)	2.72 $\pm$ 0.28	2.84 $\pm$ 0.31*	2.94 $\pm$ 0.27 [†]	3.05 $\pm$ 0.24 [†]	3.15 $\pm$ 0.33 [†]

平均値 $\pm$ 標準偏差. *: 股関節屈曲 0° と比較し有意差あり ($p < 0.05$), [†]: 股関節屈曲 0° と比較し有意差あり ($p < 0.01$).

-0.08~0.13, 60°は-0.08~0.16であった(表2)。相関の有意性検定は検者内信頼性では0°は0.14, 15°は1.79, 30°は0.12, 45°は1.95, 60°は1.95であった(表1)。検者間においては0°は0.33, 15°は0.01, 30°は0.15, 45°は0.71, 60°は0.16であった(表2)。最小可検変化量の95%信頼区間は検者内の測定では0°は0.42 cm, 15°は0.29 cm, 30°は0.33 cm, 45°は0.46 cm, 60°は0.52 cmであった(表1)。検者間の測定では0°は0.33 cm, 15°は0.34 cm, 30°は0.37 cm, 45°は0.34 cm, 60°は0.39 cmであった(表2)。股関節屈曲0°と股関節屈曲位での腸腰筋厚の比較では股関節屈曲15°は $p < 0.05$ で股関節屈曲15°が屈曲0°よりも有意に高値であった。股関節屈曲30°, 45°, 60°は $p < 0.01$ で屈曲0°と比較して有意に高値であった(表3)。

IV. 考 察

本研究は超音波画像診断装置を使用した鼠径部中央における測定においてどの程度の股関節屈曲角度まで腸腰筋厚測定値が検者内および検者間の信頼性が得られるのかということと、股関節屈曲角度の増加に伴う腸腰筋厚の変化を検討した。

Landis ら¹³⁾は、ICC に関して0.61~0.80を substantial, 0.81~1.00を almost perfect としている。Portney ら¹⁴⁾は0.75以上を good reliability としているが、臨床応用するうえで0.90を超えることを推奨している。しかしながら、それらには明確な根拠はなく一般的には0.70以上であれば信頼性は高く研究上の問題もないとされている¹⁵⁾。本研究結果ではICC (1.2) に関しては股関節屈曲60°以外はLandisの段階付けにおいてはalmost perfectに位置し、腸腰筋厚測定の検者内信頼性が高いことが示唆される。股関節屈曲60°はICCが0.74と0.70以上であるものの95%信頼区間下限値は0.18と低値であり、股関節屈曲45°以下と比較すると信頼性は劣ると言わざるを得ない。その理由として股関節屈曲60°では股関節屈曲45°以下と比べて骨盤と大腿骨が接近しプローブ操作が困難となることや、股関節屈曲に伴う腸腰筋形態や位置の変化により画像上の筋の境界が不明瞭となることが信頼性に影響を及ぼしたと考えられる。一方、ICC (2.2) に関してはいずれの角度においても0.81を上回り almost perfect であった。したがって検者間信頼性においては股関節屈曲60°までは腸腰筋厚測定の相対的信頼性は担保されることが示唆される。

絶対的信頼性の検討においては検者内・検者間ともに2つの測定値の差の平均値の95%信頼区間内に0を含み、固定誤差がみられないと判断される。比例誤差に関して、算出したt値は検者内・検者間ともに自由度11、有意水準5%のt値である2.20よりも小さく、比例誤差はみられないと判断される。以上から検者内では股関節

屈曲45°以下では腸腰筋厚はともに相対的・絶対的ともに信頼性の高いデータが得られ、腸腰筋を評価するうえでの指標として使用できると考えられる。固定誤差と比例誤差といった系統誤差が認められない場合、偶然誤差のなかで測定誤差を検討する方法として最小可検変化量の95%信頼区間の使用がしばしば用いられる¹¹⁾。2つの測定値の変化量が測定誤差によるものであるという限界域を示すものであり、算出された数値以下であれば測定誤差と判断され、数値よりも大きい値であれば実際に筋厚の差があったと捉えられるとされている¹¹⁾。そのため今回得られて最小可検変化量の95%信頼区間の値は腸腰筋の筋厚の変化を捉えるうえで重要であると考えられる。

腸腰筋厚については股関節屈曲角度の増加に伴い高い値を示した。Kinugasa ら¹⁶⁾は筋が一定の容積を有するため筋の伸張により筋横断面積が減少することを報告しており、本研究では逆に股関節を屈曲することで腸腰筋が短縮位となり筋横断面積が増加したことが考えられる。このことから股関節屈曲位での撮像時には各測定条件での股関節屈曲角度の統一や腸腰筋の短縮による筋厚の増加を差し引いた解釈を行うなどの肢位の違いに伴う筋厚変化への考慮が必要であることが示唆される。

本研究結果は臨床での股関節屈曲位での腸腰筋の活動に対するフィードバックや腸腰筋厚を指標とした研究などの一助となると考えられる。しかし、Pappas ら¹⁷⁾は収縮の強さによって筋形態の変化が異なることを示しており、筋活動の指標として筋厚を研究・臨床応用するためには測定部位や角度条件だけでなく収縮の強さや収縮様式、筋・筋膜の伸張性などの数多く条件の考慮が必要であり、まだ課題は多いと考えられる。加えて本研究の限界として、プローブが腸腰筋に対して垂直となっているかの評価が困難であることや、筋厚のみの評価であり、筋の断面積を直接的に評価していないことが挙げられる。股関節屈曲に伴う腸腰筋厚の増加だけでなく、三次元的な形態や位置の変化が測定信頼性に影響を及ぼすことも想定されるため、磁気共鳴画像診断装置などを用いた三次元的な情報との比較も重要であると考えられる。また、筋線維に対して垂直に横断した断面積である生理学的横断面積と比較して、筋全体の長軸に対して垂直に横断した解剖学的横断面積が直接的に筋力に影響しにくいことが報告されており¹⁸⁾、筋厚の測定に関しても筋全体の長軸に対して垂直な筋厚のみの評価ではなく、羽状角を考慮した生理学的横断面積の測定が必要となることが考えられる。また、股関節屈曲筋力などの筋機能を評価した際の腸腰筋の形態情報との関係についても今後検討していく必要がある。

本研究では鼠径部中央での超音波画像による測定において股関節屈曲角度0~45°では検者内および検者間ともに信頼性の高い値が得られることが示唆された。また

股関節屈曲に伴い腸腰筋厚は増加するため測定の際には関節角度の規定などの考慮が必要であることが考えられる。

なお、本研究の一部は、第6回日本運動器理学療法学会で発表した。

利益相反 本研究に関連して、筆頭著者に開示すべき利益相反はない。

引用文献

- 1) Lewis CL, Sahrmann SA, Moran DW: Anterior hip joint force increases with hip extension, decreased gluteal force, or decreased iliopsoas force. *J Biomech*, 2007, 40: 3725-3731.
- 2) Hu H, Meijer OG, van Dieën JH, et al.: Is the psoas a hip flexor in the active straight leg raise? *Eur Spine J*, 2011, 20: 759-765.
- 3) Andersson E, Oddsson L, Grundström H, et al.: The role of the psoas and iliacus muscles for stability and movement of the lumbar spine, pelvis and hip. *Scand J Med Sci Sports*, 1995, 5: 10-16.
- 4) Balias R, Pedret C, Blasi M, et al.: Sonographic evaluation of the distal iliopsoas tendon using a new approach. *J Ultrasound Med*, 2014, 33: 2021-2030.
- 5) Jiroumaru T, Kurihara T, Isaka T: Establishment of a recording method for surface electromyography in the iliopsoas muscle. *J Electromyogr Kinesiol*, 2014, 24: 445-451.
- 6) Kirchmair L, Entner T, Kapral S, et al.: Ultrasound guidance for the psoas compartment block: an imaging study. *Anesth Analg*, 2002, 94: 706-710.
- 7) 福元喜啓, 池添冬芽, 山田陽介・他: 超音波画像診断装置を用いた骨格筋の量的・質的評価. *理学療法学*, 2015, 42: 65-71.
- 8) Dupont AC, Sauerbrei EE, Fenton PV, et al.: Real-time sonography to estimate muscle thickness: comparison with MRI and CT. *J Clin Ultrasound*, 2001, 29: 230-236.
- 9) Mendis MD, Wilson SJ, Stanton W, et al.: Validity of real-time ultrasound imaging to measure anterior hip muscle size: a comparison with magnetic resonance imaging. *J Orthop Sports Phys Ther*, 2010, 40: 577-581.
- 10) Whittaker JL, Stokes M: Ultrasound imaging and muscle function. *J Orthop Sports Phys Ther*, 2011, 41: 572-580.
- 11) 下井俊典: 評価の絶対信頼性. *理学療法科学*, 2011, 26: 451-461.
- 12) 勝又泰貴, 竹井 仁, 林 洋暁・他: 超音波を用いた筋膜移動距離と筋硬度測定の検者内および検者間信頼性. *理学療法科学*, 2017, 32, 215-220.
- 13) Landis JR, Koch GG: The measurement of observer agreement for categorical data. *Biometrics*, 1977, 33: 159-174.
- 14) Portney LG, Watkins MP: *Foundations of clinical research: applications to practice*. Appleton & Lange, New York, 1993, pp560-567.
- 15) 網本 和, 高倉保幸 (編): <理学療法NAVI>臨床の“疑問”を“研究”に変える 臨床研究 first stage. 医学書院, 東京, 2017, pp202-207.
- 16) Kinugasa R, Hodgson JA, Edgerton VR, et al.: Asymmetric deformation of contracting human gastrocnemius muscle. *J Appl Physiol* 1985, 2012, 112: 463-470.
- 17) Pappas GP, Asakawa DS, Delp SL, et al.: Nonuniform shortening in the biceps brachii during elbow flexion. *J Appl Physiol* 1985, 2002, 92: 2381-2389.
- 18) Fukunaga T, Roy RR, Shellock FG, et al.: Physiological cross-sectional area of human leg muscles based on magnetic resonance imaging. *J Orthop Res*, 1992, 10: 928-934.