安静時における側腹筋厚測定 of 検者間信頼性と 臨床的有効最小誤差

—超音波診断装置を使用して—

Intraclass Correlation Coefficient and Minimal Clinically Important Difference of Lateral Abdominal Muscle Thickness in the Resting State Measured Using Ultrasound Scanning

伊藤 秀幸^{1,2)}, 諸井 典子³⁾, 日高 雅仁¹⁾, 古瀬 正志¹⁾

HIDEYUKI ITO^{1,2)}, NORIKO MOROI³⁾, MASAHIITO HIDAKA¹⁾, MASASI KOSE¹⁾

¹⁾ Nobeoka Rehabilitation Hospital: 1777-1 Nagahama-Cho Nobeoka City Miyazaki 882-0854, Japan. TEL+81 982-21-6211
E-mail: n-rehaka@ma.wainet.ne.jp

²⁾ Department of Physical Therapy, Graduate School of Health Science, Kibi International University

³⁾ Junwakai Memorial Hospital

Rigakuryoho Kagaku 27(5): 559-563, 2012. Submitted Apr. 11, 2012. Accepted May 12, 2012.

ABSTRACT: [Purpose] The present study was conducted to determine the number of measurements required to establish the intra- and inter-class reliabilities of measurement of the thickness of the lateral abdominal muscles using ultrasound scanning equipment. [Subjects] These subjects were 15 healthy males. [Methods] To assess intraclass reliability, the measurement was conducted twice by the same examiner, and once, for interclass reliability, by three different examiners. The number of measurements required to establish a high level of reliability was determined using the intraclass correlation coefficient, standard errors of measurement, and minimal clinically important difference. [Results] The interclass correlation coefficient was smaller than the intraclass correlation coefficient. Measurement errors of 0.57 to 0.77 mm were noted between the examiners, suggesting that changes of 1.59 mm for the external abdominal oblique muscle, 2.15 mm for the internal abdominal oblique muscle, and 1.77 mm for the transverse abdominal muscle or more should not be considered as measurement errors. The appropriate number of measurements was one: $k=1.0$. [Conclusion] The level of reliability was the highest when measurement of the thickness of the lateral abdominal muscles was performed once by the same examiner.

Key words: ultrasound scanning, interclass correlation coefficient, minimal clinically important difference

要旨:〔目的〕超音波診断装置による側腹筋厚測定 of 検者内・検者間信頼性と信頼性保証に必要な測定回数を明らかにするために実施した。〔対象〕対象は健康男性 15 名とした。〔方法〕検者内信頼性は同一検者が 2 回測定し、検者間信頼性は 3 名の検者が 1 回測定した。信頼性は ICC, SEM, MCID により検討し、高い信頼性の保証に必要な測定回数を算出した。〔結果〕検者間信頼性は検者内信頼性と比べて低値であった。検者間で 0.57~0.77 mm の測定誤差が生じ、外腹斜筋 1.59 mm, 内腹斜筋 2.15 mm, 腹横筋 1.77 mm より大きな変化は真の変化であると示唆された。 $k=1.0$ であり測定回数は 1 回で十分であることが示唆された。〔結語〕側腹筋厚測定は同一検査者が 1 回測定する方が信頼性は保証されると考えられた。

キーワード: 超音波診断装置, 検者間信頼性, 臨床的有効最小誤差

¹⁾ (財) 潤和リハビリテーション振興財団 延岡リハビリテーション病院: 宮崎県延岡市長浜町 1 丁目 1777 番地 (〒882-0854) TEL 0982-21-6211

²⁾ 吉備国際大学大学院 (通信制) 保健科学研究科理学療法専攻

³⁾ (財) 潤和リハビリテーション振興財団 潤和会記念病院

I. はじめに

大規模住民コホートROADにおけるベースライン調査によると腰痛有病率は男性で25.2%、女性で30.5%であると報告されている¹⁾。また平成19年度厚生労働省国民生活基礎調査において病気や怪我等で自覚症状のあった有訴者を症状別にみると、腰痛が男性で最も多く、女性では2番目に多いと報告されている²⁾。そのため慢性腰痛による医療機関への受診者の増加が推察され、腰痛有病率の高さが医療経済学的観点から社会的問題となっている。したがって腰痛に対する治療や予防策を早期に講じることが必要不可欠となっている。

近年、側腹筋や腹部深層筋である腹横筋の機能低下が慢性腰痛の要因として注目されている³⁾。側腹筋が体幹運動や腹腔内圧の上昇などに関与し、中でも腹横筋は横隔膜との協調した働きにより体幹安定性や姿勢保持に関わることが報告されてきた^{4,5)}。そのため側腹筋や腹横筋の機能低下は体幹安定性を低下させ、姿勢不良を引き起こすことで、腰痛が出現することが示唆されている。

腹部深層筋に関する調査は針筋電図によりその筋活動が計測されており、腹部に侵襲をとまなうため対象者に負担を強いる必要がある。そのため非侵襲的に腹部機能を捉えることが可能な超音波診断装置による側腹筋厚測定が多く実施されてきている^{6,7)}。その際、側腹筋厚測定の検査に関する妥当性と信頼性を確認する必要がある。これまでにMcMeekenら⁸⁾は健常男性9名を対象として側腹筋厚測定の基準関連妥当性を検討した結果、筋厚測定値と針筋電活動の値に高い相関関係($R^2=0.87$)を認めたと報告した。さらに金子ら⁹⁾は健常男性10名を対象とし、側腹筋厚測定の検者内信頼性を級内相関係数・Intraclass correlation coefficients (以下ICC)により検討した結果、高い信頼性(ICC 0.87~0.91)を認めたと報告した。すなわち側腹筋厚測定の基準関連妥当性と検者内信頼性については保証されていると言える。

一方、研究や臨床において必ずしも同じ検査者がすべての対象者の測定を行うとは限らないため、検者間での信頼性を評価することが必要となる。しかし、側腹筋厚測定における検者間信頼性についての検討はほとんどなく、またICCが相対的な信頼性を示す指標に対し、絶対信頼性の指標である測定の標準誤差 (standard error of measurement: 以下SEM) や臨床での介入などによる変化をどの程度の差をもって有意といえるかを示す指標である臨床的有効最小誤差 (minimal clinically important difference: 以下MCID) については検討されていない。さらに信頼性保証に必要な測定回数についても検討されていないのが現状である。

そこで本研究はまず超音波診断装置による側腹筋厚測定の検者内信頼性について追試的に確認した上で、検者間信頼性をICC, SEM, MCIDにより検討した。さらに

高い信頼性を保証するために必要な測定回数について明らかにすることを目的として実施した。

II. 対象と方法

1. 対象

インフォームドコンセントの得られた健常男性15名(年齢 28.3 ± 7 歳、身長 168 ± 6.7 cm、体重 65.7 ± 9.3 kg)を対象とした。除外基準はBMIが30以上で、超音波画像において外腹斜筋、内腹斜筋、腹横筋の境界が不明瞭なものとした。対象者には研究内容を書面で説明をし、十分に理解した上で同意書を得た。

2. 方法

側腹筋の筋厚を捉えるため超音波診断装置・nemio35 (東芝製)を使用した。超音波の設定はBモードで8.0 MHzに設定し、リニア式プローブを用いた。金子らの方法⁹⁾に準じ、対象者は直立坐位をとり安静状態を保たせ、測定部位は右前腋窩線上における肋骨辺縁と腸骨稜の中央部とした。プローブはその長軸が右前腋窩線に直交するように置き、プローブ中央が腋窩線上に位置するように操作した。その際、プローブを押し込むことにより表層の外腹斜筋がたわまないことを基準とし、プローブの押し込み圧を統一した。

対象者に安静呼吸を30秒間持続させ撮影した。超音波画像をデジタルビデオカメラにて録画しPCに取り込んだ後、1~3呼吸目までの安静呼吸終末時の静止画像を連続サンプリングにより抽出した。静止画像解析にはフォトメジャー (ケニス社製) を使用し、測定部位は上下の筋膜が平行になる部位の中央部に統一し、筋の走行と垂直になるよう筋膜間を外腹斜筋、内腹斜筋、腹横筋、3筋合計について0.01 mm単位で測定した¹⁰⁾。3呼吸分の平均値を代表値とした。検者内信頼性の調査は同一検者が静止画像の筋厚測定までを1施行として2回実施し、2回目の測定は数日空けて実施した。また検者間信頼性の調査は3名の検者が1回の測定を実施した。

データ分析には信頼性を検討するためにICCを用いた。ICCとは測定対象の分散を測定誤差を加えた分散で除した値であり、平均値や分散値の特性を利用した分散分析の結果を活用して算出する。そのためデータが正規分布に従うかを確認する必要があるため、正規性検定であるシャピロウィルク検定を実施した¹¹⁾。次に検者内信頼性の検討にはShroutら¹²⁾のICC(1,1)を用い、また検者内におけるSEMとMCIDを算出した。SEMは、 $SEM = S \sqrt{(1-ICC)}$ にて求め、MCIDは、 $MCID = SEM \times 1.96 \times \sqrt{2}$ にて求めた。

さらに検者間信頼性の検討にはShroutら¹²⁾のICC(2,1)を用い、検者内信頼性と同様にSEMとMCIDを算出した。さらにSpearman-Brown公式・ $k = \rho_2(1 - \rho_1) / \rho_1(1 - \rho_2)$

を用い、Landisの判定基準¹³⁾による almost perfect・ICC0.81以上を保証するために必要な測定回数を算出した。統計解析はSPSS・Statistics17を用いて分析した。

III. 結 果

検査者Aによる2回の測定結果と検査者3名による側腹筋厚の測定結果を表1、2に示した。シャピロウィルク検定により正規性を確認したところ、得られた値はすべて正規性を認めた。検者内信頼性についてICC(1,1)を用いて検討したところ、ICC(1,1)が0.81～0.90であった。またSEMは外腹斜筋0.44 mm、内腹斜筋0.60 mm、腹横筋0.38 mm、3筋合計1.11 mmであり、MCIDは外腹斜筋1.24 mm、内腹斜筋1.67 mm、腹横筋1.05 mm、3筋合計3.08 mmであった(表3)。検者間信頼性についてICC(2,1)を用いて検討したところ、ICC(2,1)が0.71～0.76であった。またSEMは外腹斜筋0.57 mm、内腹斜筋0.77 mm、腹横筋0.64 mm、3筋合計1.38 mmであり、MCIDは外腹斜筋1.59 mm、内腹斜筋2.15 mm、腹横筋1.77 mm、3筋合計3.84 mmであった(表4)。目標値を

almost perfect・ICC0.81に設定した場合、Spearman-Brown公式は $K=0.81(1-0.81)/0.81(1-0.81)$ となり、算出されたK値は1.0であった。

IV. 考 察

検者内信頼性の調査は同一検者が2回の測定を実施し、パラメトリックな手法である級内相関係数・ICC(1,1)と検者内におけるSEMとMCIDを追試的に算出した。相対信頼性であるICC(1,1)は0.81～0.90であり、Landisの判定基準¹³⁾によると超音波診断装置による側腹筋厚測定の検者内信頼性はalmost perfectであった。この結果は金子ら⁹⁾の検者内信頼性の報告(ICC0.87～0.91)とほぼ同様の結果であった。

また絶対信頼性の指標であるSEMを算出したところ、外腹斜筋0.44 mm、内腹斜筋0.60 mm、腹横筋0.38 mm、3筋合計1.11 mm程度の測定誤差が生じていた。Duncanら⁶⁾は20名の慢性腰痛患者を対象として側腹筋厚測定の検者内信頼性を検討したところ、SEMが外腹斜筋0.66 mm、内腹斜筋0.88 mm、腹横筋0.46 mmであった

表1 検査者Aによる2回の測定結果

	1回目		2回目	
	平均値	標準偏差	平均値	標準偏差
外腹斜筋	6.49	0.90	6.53	1.16
内腹斜筋	9.33	1.44	9.57	1.45
腹横筋	4.63	1.22	4.76	1.32
3筋合計	20.4	2.75	20.8	3.08

単位mm

表2 検査者3名による測定結果

	検査者A		検査者B		検査者C	
	平均値	標準偏差	平均値	標準偏差	平均値	標準偏差
外腹斜筋	6.49	0.90	6.35	1.02	5.93	1.24
内腹斜筋	9.33	1.44	9.43	1.58	8.96	1.53
腹横筋	4.63	1.22	3.97	1.32	4.50	1.37
3筋合計	20.4	2.75	19.6	2.71	19.5	3.12

単位mm

表3 検者内信頼性

	ICC (1,1)	SEM	MCID
外腹斜筋	0.81	0.44	1.24
内腹斜筋	0.82	0.60	1.67
腹横筋	0.90	0.38	1.05
3筋合計	0.85	1.11	3.08

SEM・MCID単位mm

表4 検者間信頼性

	ICC (2,1)	SEM	MCID
外腹斜筋	0.71	0.57	1.59
内腹斜筋	0.73	0.77	2.15
腹横筋	0.75	0.64	1.77
3筋合計	0.76	1.38	3.84

SEM・MCID単位mm

と報告した。本結果のSEMについても先行研究とほぼ同様の結果であった。

さらにMCIDを算出したところ、外腹斜筋1.24 mm、内腹斜筋1.67 mm、腹横筋1.05 mm、3筋合計3.08 mmであった。Leonardoら¹⁴⁾は慢性腰痛患者35名(平均年齢53.3 ± 11歳)を対象として腹横筋の筋厚測定の際者内信頼性を検討したところ、MCIDは1.1 mmであったと報告している。MCIDに関しては腹横筋についてのみの検討ではあるが、本結果は過去の報告とほぼ同様の結果であった。したがって、本研究における側腹筋厚測定の際者内信頼性については過去の研究とほぼ同様の結果であり、その信頼性については保証されていると考えられた。

検者間信頼性の調査は3名の検者が1回の測定を実施し、ICC(2,1)と検者間におけるSEMとMCIDを算出した。相対信頼性の指標であるICC(2,1)は0.71 ~ 0.76であり、Landisの判定基準¹³⁾によると超音波診断装置による側腹筋厚測定の際者間信頼性はsubstantialであった。しかし、この結果は検者内信頼性(0.81 ~ 0.90・almost perfect)と比較するとやや低い値であり、検者間信頼性が低い要因について検討する必要がある。Leonardoら¹⁴⁾は画像上の筋厚を測定する際に、超音波画像における腹横筋の内側縁をランドマークとして、そこから1 cm、1.5 cm、2 cmの箇所を測定した結果、高い信頼性を得たと報告した。すなわち筋厚測定時における画像上のランドマークの必要性を示唆している。腹横筋内側縁は明らかに他の筋厚画像と形状が異なるため、ランドマークとして確認が容易なのに対し、本研究で用いた上下の筋膜が平行となる部位の中央部については平行部位とそうでない部位との判断に主観的要素を伴うため、測定部位の決定に検者間でバラツキが生じたのではないかと考える。またプローブの押し込み圧の違いが筋厚測定の信頼性に影響を与えることが報告されており¹⁵⁾、本研究においても表層の外腹斜筋がたわまないことを基準とし、プローブの押し込み圧を統一した。しかし、押し込み圧を客観的数値により確認してはいないため、押し込み圧のバラツキが検者間において生じたのではないかと考える。

さらに絶対信頼性の指標であるSEMを算出したところ、外腹斜筋0.57 mm、内腹斜筋0.77 mm、腹横筋0.64 mm、3筋合計1.38 mm程度の測定誤差が検者間で生じることが明らかになった。さらにMCIDの算出により、外腹斜筋1.59 mm、内腹斜筋2.15 mm、腹横筋1.77 mm、3筋合計3.84 mm以内の測定値の変化は測定誤差によるもので、同値より大きな変化は真の変化と判断されることが示唆された。したがって、複数の検査者で側腹筋厚測定を実施する際に、算出したSEM程度の誤差が生じることや介入による効果などを評価する際に、真の介入効果であるのかを判断するためにMCIDを参考にすべきと考

える。

検者内信頼性はICC(1,1)が0.81 ~ 0.90、検者間信頼性はICC(2,1)が0.71 ~ 0.76であった。本結果からSpearman-Brown公式により算出された値は測定回数k=1.0であった。超音波診断装置による側腹筋厚測定は高い信頼性(ICC0.81以上)を保証するために、測定回数は1回で十分であることが示唆された。また検者間信頼性は検者内信頼性と比較するとやや低い値であるため、複数の検査者ではなく同一の検査者が1回測定する方が信頼性は保証され则认为る。さらに信頼性を高めるため測定プロトコルの修正を図るなどの対応も必要と考える。

本研究の限界として本結果は安静呼吸時における筋厚測定の信頼性を検討したものであり、腹部の引き込み時やSLR時などの動的な腹部筋厚測定の信頼性については不明である。慢性腰痛患者が腹部引き込み時やSLR時に腹横筋厚が低下するとの報告がされており、また動的測定は静的測定に比べて信頼性が低いとの報告があるため、今後、動的な筋厚測定の際者間信頼性についても検討する必要があると考える。さらに本研究の対象者は健常者であるため、高齢者や腹部に侵襲等の既往がある者については不明で一般化には限界がある。今後は幅広い対象者について調査する必要があると考える。

謝辞 本研究を行うにあたり、ご助言を頂きました延岡リハビリテーション病院院長の金井一男先生、診療放射線技師の押川裕一先生、リハビリテーションスタッフ、吉備国際大学保健科学研究科の玉利光太郎先生にはこの場をお借りして深謝致します。また本研究は潤和リハビリテーション振興財団研究事業により遂行されたものであり、同財団に心より感謝致します。本研究の要旨のみ同財団ホームページ上にて公開予定であります。

引用文献

- 1) 吉村典子, 村木重之, 岡 敬之, 他: 腰痛の疫学. 整形外科学会雑誌, 2010, 84(7): 437-439.
- 2) 厚生労働省: 平成19年厚生労働省国民生活基礎調査の概況. 2007.
- 3) Hodges P: Changes in intra-abdominal pressure during postural and respiratory activation of the human diaphragm. J Appl Physiol, 2000, 89: 967-976.
- 4) Hodges P: Postural activity of the diaphragm is reduced in humans when respiratory demand increases. J Physiol, 2001, 537: 999-1008.
- 5) Hodges P: Changes in motor planning of feedforward postural responses of the trunk muscles in low back pain. Exp Brain Res, 2001, 141: 261-266.
- 6) Duncan J, Fiona J: Abdominal muscles function in chronic low back pain patients. Physiotherapy, 2002, 88(6): 322-332.
- 7) Paulo H, Manuela L, Paul W: Changes in recruitment of the

- abdominal muscles in people with low back pain. *spin*, 2004, 29(22): 2560-2566.
- 8) J.M. McMeeken, I.D. Beith, D.J. Newham et al: The relationship between EMG and change in thickness of transverses abdominis. *Clinical Biomechanics*, 2004, 19: 337-342.
- 9) 金子秀雄, 佐藤広徳, 丸山仁司: 超音波診断装置を用いた側腹筋測定の信頼性. *理学療法科学*, 2005, 20(3): 197-201.
- 10) 村上幸士, 桜庭景植: 坐位での有効な腹横筋トレーニングの検討. *理学療法科学*, 2010, 37(7): 477-484.
- 11) 対馬栄輝: *SPSSで学ぶ医療系データ解析*. 東京図書, 東京, 2007, pp195-196.
- 12) Shrout PE, Fleiss JL: Intraclass Correlations, Uses in Assessing Rater Reliability. *Psychol Bull*, 1979, 86: 420-428.
- 13) Landis JR: The measurement of observer agreement for categorical data. *Biometrics*, 1997, 33: 159-174.
- 14) Leonardo O, Chris G, Jane L, et al: An investigation of the reproducibility of ultrasound measures of abdominal muscle activation in patients with chronic non-specific low back pain. *European Spine journal*, 2009, 18:1059-1065.
- 15) 布施陽子, 福井 勉, 矢崎高明: 超音波診断装置による腹横筋厚測定の信頼性の検討. *文京学院大学保健医療技術学部紀要*, 2010, 3: 7-12.