

超音波画像を用いた腰部多裂筋筋厚測定の内信頼性の検討

Reliability of Rehabilitative Ultrasound Imaging of the Lumbar Multifidus

安彦 鉄平^{1,2)} 竹井 仁²⁾ 島村 亮太¹⁾ 安彦 陽子¹⁾ 山本純一郎¹⁾
逆井 孝之¹⁾ 相馬 正之³⁾ 小川 大輔^{2,4)} 山口 徹⁵⁾ 畠 昌史^{2,6)}

TEPPEI ABIKO, RPT, MS¹⁾²⁾, HITOSHI TAKEI, RPT, MD²⁾, RYOTA SHIMAMURA, RPT, MS¹⁾, YOKO ABIKO, RPT, MS¹⁾, JUNICHIRO YAMAMOTO, RPT¹⁾, TAKAYUKI SAKASAI, RPT¹⁾, MASAYUKI SOMA, RPT, MS³⁾, DAISUKE OGAWA, RPT, MS²⁾⁴⁾, TORU YAMAGUCHI, RPT, MS⁵⁾, MASAFUMI HATA, RPT, MS²⁾⁶⁾

¹⁾ Department of Physical Therapy, Tokyo Metropolitan Hospital: 2-14-1 Tsutsumidori, Sumida-ku, Tokyo 131-0034, Japan. TEL+81 3-3616-8600

²⁾ Graduate School of Human Health Science, Tokyo Metropolitan University

³⁾ Faculty of Health Science, Tohoku Fukushi University

⁴⁾ Faculty of Health Science, Mejiro University

⁵⁾ Division of Physical Therapy, Taito Hospital

⁶⁾ Division of Physical Therapy, Ikegami General Hospital

Rigakuryoho Kagaku 26(5): 693-697, 2011. Submitted Apr. 28, 2011. Accepted Jun. 14, 2011.

ABSTRACT: [Purpose] The purpose of this study was to evaluate the intra-examiner reliability of rehabilitative ultrasound imaging (RUSI) in obtaining thickness measurements of the lumbar multifidus (LM) with intraclass correlation coefficients (ICC) and minimum detectable change (MDC). [Subjects] Ten healthy volunteers participated in the study. [Method] We measured thickness measurements of LM at 3 angles of pelvic tilt (moderate anterior-tilt, neutral position and moderate posterior-tilt) and different percentages of voluntary isometric contraction. The task was static muscle contraction of LM during pelvic anterior-tilt with nutation of the sacrum in a prone position on the edge of the bed and hanging subject's legs. Thickness measurements of left LM were obtained by using RUSI during 2 sessions, 1 to 4 weeks apart. ICC and measurement error by 95% confidence intervals of MDC (MDC₉₅) were used to estimate reliability. [Result] Intra-examiner reliability estimates ranged from 0.73-0.96 for same-day comparisons and from 0.67-0.93 for between-day comparisons, except for maximum effort in the neutral pelvic position. MDC₉₅ of thickness measurements were 0.8-2.7 mm for same-day and 1.5-3.0 mm for between-day measurements. [Conclusion] We suggest that RUSI thickness measurements of LM are highly reliable at the 3 angles of pelvic tilt and different percentages of voluntary isometric contraction.

Key words: lumbar multifidus, rehabilitative ultrasound imaging, reliability

要旨: [目的] 本研究では超音波画像を用いた腰部多裂筋筋厚測定の内信頼性を級内相関係数 (ICC) と最小可検変化量 (MDC) により検討した。[対象] 健常成人男性 10 名とした。[方法] 測定課題は腰部多裂筋の機能である仙骨前屈運動を伴う骨盤前傾の静止性収縮とした。測定条件は活動強度と 3 つの異なる骨盤傾斜角度とした。左腰部多裂筋の筋厚を超音波画像診断装置を用いて測定した。同日内、異なる測定日間のそれぞれで ICC と MDC の 95% 信頼区間 (MDC₉₅) を求め、検者内信頼性と測定誤差を検討した。[結果] 同日内の ICC は 0.73-0.96、異なる測定日間の ICC は骨盤中間位での最大収縮で低い値となったが、それ以外では 0.67-0.93 であった。MDC₉₅ は同日内で 0.8-2.7 mm、異なる測定日間で 1.5-3.0 mm であった。[結論] 超音波画像を用いた本実験肢位における腰部多裂筋の筋厚測定は、活動強度と骨盤傾斜角度を変化させても信頼性の高い測定が可能である。

キーワード: 腰部多裂筋, 超音波画像, 信頼性

¹⁾ 東京都リハビリテーション病院 理学療法科: 東京都墨田区堤通 2-14-1 (〒131-0034) TEL 03-3616-8600

²⁾ 首都大学東京 人間健康科学研究科 理学療法科学域

³⁾ 東北福祉大学 健康科学部理学療法学科

⁴⁾ 目白大学 保健医療学部理学療法学科

⁵⁾ 台東区立台東病院 リハビリテーション室

⁶⁾ 池上総合病院リハビリテーション室

I. はじめに

骨盤の前後傾を制御する筋には、腹筋群、背筋群、股関節屈筋群、股関節伸筋群などがある。このうち、背筋群のひとつの筋である腰部多裂筋 (Lumbar Multifidus; 以下LM) が姿勢保持や腰椎のコントロール、さらに障害予防に重要であるとの報告が数多くある¹⁻⁶⁾。LMは、腰背部で最も大きく、最内側に位置し、各腰椎椎弓の背側下端から起こり、2つ下方の椎体の乳様突起と仙骨に停止する¹⁾。Norris²⁾は、LMは腰椎伸展のための強い出力よりも、腰椎椎間関節の適合と腰椎の屈曲に抗した活動によって腰椎の安定性に寄与していると述べている。また、Richardsonら³⁾は、LMの活動によって腰椎を適度な前弯に保持することで、椎間板へのメカニカルなストレスを減弱させ、さらに腹横筋とLMを同時収縮することで腰椎にかかる微細な動きをコントロールし、腰痛を予防できると述べている。また、骨盤の前後傾の変化を伴う不良姿勢の状態で日常生活を続けることは、腰痛を引き起こすだけでなく、変形性股関節症や変形性膝関節症への要因になりうると報告されている^{5,6)}。そのため座位や立位で腰椎・骨盤・股関節を正しいアライメントにすることは、障害予防や治療場面において非常に重要であり、骨盤のアライメントを制御する筋活動は注目すべきもののひとつと考える。

LMの評価方法は、非侵襲的な方法として超音波画像が用いられており、その妥当性はMRIやワイヤー電極を用いた筋電図にて検証されている^{4,7)}。LMの超音波画像の検者内信頼性の報告⁷⁻⁹⁾は、同一の画像を異なる測定者によって測定したもの、同日内に測定したもの、あるいは安静時の報告が多く、測定日の違いや活動時の筋厚について検討した報告は少ない。さらに活動強度や骨盤アライメントに着目した報告はなく、超音波画像を用いたLMの筋厚測定は活動時や肢位を考慮した測定の信頼性は十分に確認されていない。

一般的に超音波画像を用いた信頼性の報告の多くは、級内相関係数 (Intraclass Correlation Coefficient; 以下ICC) を算出することが多い。ICCで示される相関係数は、相対信頼性といわれ、複数の測定値間の一致についての情報が得られるが、それらの測定値が内包する誤差の量を得ることはできない。これに対し測定値のばらつきや誤差がどの程度混入しているかを検討する方法が絶対信頼性である¹⁰⁾。測定の信頼性を低下させる誤差として考えられるのが測定誤差であり、この測定誤差を検討する絶対信頼性は、測定の標準誤差 (Standard Error of Measurement; 以下SEM) や最小可検変化量 (Minimal Detectable Change; 以下MDC) がある。MDCは、再テストなどの繰り返しの測定によって得られた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したもので、一般的にはMDCの95%信頼区間 (以

下MDC₉₅) が用いられる^{10,11)}。そして、安静時と活動時の測定値を比較する際、その差がMDC₉₅よりも大きければ真の変化が生じたと判断できる。

そこで、本研究目的は肢位と活動強度の条件にて超音波画像を用いLMの筋厚の測定方法を定め、同日内の測定間と異なる測定日間のそれぞれで、安静時と活動時のICC及びMDC₉₅を用いて検者内信頼性を検討することとした。

II. 対象と方法

対象は腰痛の既往のない健常成人男性10名とした。対象の平均年齢は26.0 (22-34) 歳、身長と体重の平均値 (標準偏差) はそれぞれ171.0 (3.1) cm, 60.4 (4.2) kgであった。すべての被験者に研究の主旨と方法及び研究参加の有無により不利益が生じないことを説明し、書面にて承諾を得た後、測定を実施した。本研究は東京都リハビリテーション病院研究安全倫理委員会及び首都大学東京荒川キャンパス研究安全倫理委員会 (承認番号08071) の承認を得て、実施した。

測定に先立ち、座位にて骨盤前後傾中間位、最大前傾位、および最大後傾位の骨盤傾斜角度を計測した。骨盤傾斜角度の測定は信頼性が確認されている方法^{12,13)}に基づき、上前腸骨棘 (Anterior Superior Iliac Spine; 以下ASIS) と下前腸骨棘を結んだ線と水平線とのなす角度を投影法にて計測し、その値から最大前傾位と中間位の中間の角度を軽度前傾位、最大後傾位と中間位の中間の角度を軽度後傾位と定義した。測定機器は東大式ゴニオメーターのひとつの柄に傾斜計 (mie社製) を取り付けたものを使用した。

測定課題は、脊柱起立筋とLMの機能のひとつである仙骨前屈運動を伴う骨盤前傾の静止性収縮とした。測定肢位については、臨床場面で腰椎・骨盤のアライメントを調整するためにエクササイズを行う座位に着目した。ベッド上にてASISより遠位の下肢をベッドから出した腹臥位で、股関節・膝関節を90度屈曲位に、下腿を30 cm台に載せた肢位とし、座位のアライメントを腹臥位で再現した。腹臥位における骨盤傾斜角度は、ベッドの高さを調整し、座位での骨盤傾斜角度を再現した。次に仙骨尖背面にハンドヘルドダイナモメーター (ANIMA社製、 μ -TasMT-1; 以下HHD) を置き、その上から骨盤前傾固定装置 (板垣製作所製) を用いて固定した。仙骨尖背面の傾斜に対し、面で固定を行うため、楕円状に動くアーム部を微調整した。なお、腰椎の前弯の代償を防ぐため、ベッドと腹部の間に重錘バンドを置いた。活動強度の条件は、最大努力でLMの静止性収縮によってHHDを押し上げた圧 (kg) を100%とし、その100%の圧を基準に安静、10、25、50、75%になるように、対象はHHDの数値を確認しながら圧を調整した。各課題は、

5秒間の静止性収縮を2セット実施し、異なる活動強度と3つの骨盤肢位(中間位、軽度前傾位、軽度後傾位)の条件にてランダムに実施した。

超音波画像診断装置(ALOKA社製SSD-5500)を用いて、7.5 MHzのリニア式プローブを使用し、左側のLMの筋厚を計測した。プローブの位置はHides⁴⁾らの方法に準じ、第5腰椎棘突起より2 cm外側で脊柱と平行に縦に設置した。超音波画像にて第5腰椎-第1仙椎の椎間関節を確認し、皮下組織と椎間関節までの距離をLMの筋厚とし、0.1 mm単位で計測した。なお、第5腰椎棘突起に油性マジックにて印をつけ、プローブの位置を再現できるようにした。また、プローブを腰部に当てる圧は、LMの画像がはっきりと確認できる最小限の強さとした。プローブを操作する見者は、臨床経験5年の理学療法士1名とし、十分な練習を行なった後、測定した。さらに異なる測定日間での信頼性を検討するため4週以内に再測定を実施した。

統計学的検討は、統計解析ソフトウェアSPSS ver17.0日本語版を用いて行った。相対信頼性として、同日の初回と2回目の計測値のICCにより、同日内の見者内信頼性を検討した。次にICC>0.81を目標に、Spearman-Brownの公式¹⁴⁾より、何回測定すればよいかを検討した。Spearman-Brownの公式は $\rho' = k\rho / 1 + (k-1)\rho$ である。 ρ は元の信頼係数、 ρ' は目標とする信頼係数、 k は必要な測定回数である。この結果を用い、異なる測定日間のICCを求めた。絶対信頼性として、MDCの95%の信頼区間であるMDC₉₅を用いて測定誤差を求めた。またSEM

(SEM=SD(d)×1/2^{1/2})は、テスト、再テストの一对の測定値の差の標準偏差SD(d)を用いた方法によって算出した¹⁰⁾。MDC₉₅は、MDC₉₅ = SEM × 1.96 × 2^{1/2}で求めた。

III. 結果

骨盤傾斜角度の平均値(標準偏差)は、中間位2.6(2.7)°、軽度前傾位7.2(2.5)°、軽度後傾位-2.3(3.0)°であった。最大努力でのHDDの圧は、中間位32.0(10.8)kg、軽度前傾位28.6(7.9)kg、軽度後傾位31.0(9.7)kgであった。

同日内と異なる測定日間のICCの結果を表1, 2に示す。同日においてHDDの圧が0~100%の全ての条件でICC_{1,1}=0.73~0.96で「普通」以上であった¹⁴⁾。ICC>0.81を目標としたSpearman-Brownの公式により、必要な測定回数は2回という結果となり、同日・後日の代表値は2回の計測値の平均値を用いて、異なる測定日間のICC_{1,2}を求めた。その結果、すべての骨盤肢位でHDDの圧が75%以下の条件ではICC_{1,2}=0.67~0.93となり「可能」から「優秀」であった。100%で骨盤中間位においてのみICC_{1,2}=0.31となり「要再考」であった。MDC₉₅は同日内で0.8~2.7 mm、異なる測定日間で1.5~3.0 mmであった。

IV. 考察

本研究結果より、超音波画像を用いたLMの筋厚測定

表1 同日内測定の見者内信頼性(1日目)

	強度 (%)	平均値 (SD) (mm)	変化率 (SD) (%)	ICC _{1,1} (95%CI)	SD (d) (mm)	SEM (mm)	MDC ₉₅ (mm)
骨盤中間位	0	24.0 (2.4)	100.0 (10.1)	0.88 (0.61-0.97)	0.7	0.5	1.4
	10	27.7 (4.4)	115.4 (18.1)	0.95 (0.81-0.99)	0.9	0.6	1.7
	25	28.1 (4.0)	117.2 (16.8)	0.96 (0.87-0.99)	0.7	0.5	1.4
	50	30.5 (3.5)	127.0 (11.6)	0.80 (0.41-0.95)	1.4	1.0	2.7
	75	31.1 (2.4)	129.8 (10.2)	0.84 (0.50-0.96)	1.1	0.8	2.1
	100	31.5 (2.2)	131.3 (9.3)	0.84 (0.49-0.96)	0.9	0.6	1.8
骨盤前傾位	0	24.5 (2.5)	100.0 (12.5)	0.95 (0.82-0.99)	0.4	0.3	0.9
	10	27.6 (3.6)	112.5 (14.7)	0.91 (0.71-0.98)	1.1	0.8	2.2
	25	28.0 (3.7)	114.1 (15.3)	0.90 (0.67-0.97)	0.7	0.5	1.3
	50	28.9 (2.7)	117.9 (11.0)	0.87 (0.57-0.90)	0.9	0.6	1.8
	75	30.1 (2.5)	122.9 (10.0)	0.73 (0.26-0.93)	1.1	0.8	2.1
	100	30.7 (2.3)	125.2 (9.4)	0.87 (0.57-0.96)	0.7	0.5	1.3
骨盤後傾位	0	23.6 (1.8)	100.0 (7.8)	0.88 (0.61-0.97)	0.4	0.3	0.8
	10	26.8 (3.2)	113.5 (13.6)	0.88 (0.62-0.97)	0.8	0.6	1.6
	25	27.5 (3.4)	116.4 (14.4)	0.88 (0.60-0.97)	0.9	0.7	1.8
	50	28.4 (3.1)	120.2 (13.2)	0.89 (0.64-0.97)	1.0	0.7	2.0
	75	28.7 (3.8)	121.6 (16.0)	0.88 (0.62-0.97)	1.4	1.0	2.6
	100	29.2 (3.1)	123.7 (13.1)	0.92 (0.72-0.98)	0.9	0.6	1.8

表2 異なる測定日間の検者内信頼性

	強度 (%)	平均値 (SD) (mm)	変化率 (SD) (%)	ICC _{1,2} (95%CI)	SD (d) (mm)	SEM (mm)	MDC ₉₅ (mm)
骨盤中間位	0	24.4 (2.8)	100.0 (11.3)	0.81 (0.43-0.95)	1.2	0.8	2.3
	10	27.7 (4.1)	113.2 (16.8)	0.93 (0.74-0.98)	0.9	0.7	1.8
	25	27.9 (4.1)	114.4 (16.8)	0.85 (0.54-0.96)	1.1	0.8	2.2
	50	29.6 (3.4)	121.0 (14.0)	0.72 (0.23-0.92)	1.5	1.1	3.0
	75	30.2 (3.3)	123.5 (13.4)	0.67 (0.14-0.90)	1.3	0.9	2.5
	100	30.5 (2.5)	124.9 (10.4)	0.31 (-0.33-0.77)	1.1	0.8	2.2
骨盤前傾位	0	24.8 (2.4)	100.0 (9.6)	0.79 (0.38-0.94)	0.9	0.7	1.8
	10	27.9 (3.3)	112.5 (13.3)	0.86 (0.55-0.96)	0.8	0.6	1.7
	25	28.4 (3.8)	114.4 (15.2)	0.91 (0.71-0.98)	0.9	0.6	1.7
	50	29.1 (3.1)	117.4 (12.4)	0.78 (0.35-0.94)	1.3	0.9	2.6
	75	30.0 (3.1)	121.2 (12.5)	0.78 (0.37-0.94)	1.2	0.9	2.4
	100	30.7 (2.5)	124.0 (10.1)	0.69 (0.18-0.91)	1.2	0.8	2.3
骨盤後傾位	0	23.9 (1.9)	100.0 (7.8)	0.77 (0.35-0.94)	0.8	0.5	1.5
	10	27.1 (3.4)	113.3 (14.1)	0.85 (0.53-0.96)	1.1	0.8	2.3
	25	28.0 (3.4)	117.0 (14.3)	0.77 (0.33-0.94)	1.1	0.8	2.2
	50	28.9 (3.6)	120.7 (15.1)	0.87 (0.60-0.97)	1.3	0.9	2.6
	75	28.9 (3.9)	120.7 (16.4)	0.86 (0.57-0.96)	1.4	1.0	2.7
	100	29.5 (3.4)	123.4 (14.3)	0.98 (0.92-0.99)	1.3	0.9	2.5

の信頼係数は、最大収縮を除く条件において同日内、異なる測定日間で「普通」から「優秀」の結果となった。また、同日内において2回の測定値の平均を用いることで $ICC > 0.81$ となり、信頼性の高い測定が可能であることが示された。本研究の同日内の ICC は、Kieselら⁷⁾やVanら¹⁵⁾と同様に高い信頼性を示した。Kieselら⁷⁾が行ったLMの信頼性の検討は、ひとつの画像において2名の検者が筋の厚さを測定したものであった。これは、検者間でひとつの画像でLMの筋厚を定めるための皮下組織と椎間関節の位置の再現性を検討したものである。それに対し本研究やVanら¹⁵⁾の方法は、測定を2日実施したものである。これは、超音波画像診断装置を使用する際、差が生じる可能性が高いプローブの位置や押し付ける圧などの操作方法を含め、再現性のある測定が可能であることを示した。今回、棘突起にマーカーをしたことでプローブを正確な位置に設置でき、さらに体に押しつける圧が強すぎると筋厚が減少することを考慮し、LMの画像が抽出できる最小限の圧としたことで信頼性の高い結果になったと考える。また、異なる測定日間においても信頼性が高かったことから、LMの筋力低下を生じている患者への中長期的な介入効果の検証が超音波画像を用いて可能である。

MDC_{95} は同日内で0.8~2.7 mm, 異なる測定日間で1.5~3.0 mmとなった。Koppenhaver¹⁶⁾らの報告では、同日内で活動時のLMの MDC_{95} は1.4 mm, 異なる測定日間では3.1 mmとなっており、同等の結果が得られた。また、測定誤差の限界域である MDC_{95} は、 MDC_{95} 以内の測定

値の変化は測定誤差によるもので、 MDC_{95} より大きな変化は「真の変化」と判断される。今回、同日内での骨盤中間位の安静時筋厚が24.0 mm, MDC_{95} は1.4 mmであり、10%の強度において筋活動を行わせた結果、27.7 mmになった。これは安静時と比較し1.4 mm以上の変化が認められたため、真の変化が生じたと判断できる。さらに、 MDC_{95} の値は実験上だけでなく、臨床場面においても非常に有用である。それは、LMの筋活動を高めるエクササイズを行う際、筋厚が測定誤差を超えて変化したことを確認できるからである。

今回、10%より高い活動強度においても良好な信頼性を示した。そのため、超音波画像を用い、LMの収縮のバイオフィードバックとして治療に適用できる可能性が示唆された。また、LM活動時の筋厚測定の前研究は負荷が小さく、筋厚の変化率は110%程度であった⁷⁾。しかし、本研究では骨盤中間位で75%の強度で129.8%であり、高い強度においても良好な信頼性を示した。しかし、骨盤中間位の100%では ICC が0.31と唯一低い値となった。これは、強い筋収縮による筋の膨隆や代償運動が生じ、プローブの位置や角度に誤差が生じたためと考える。ただし、前傾位や後傾位の ICC は0.69と0.98であり、活動強度が高い場合もプローブの位置、角度に十分に注意してプローブを置くことで信頼性の高い測定が可能であると推測される。

また、本研究は全身のアライメントに影響を及ぼす骨盤前後傾に着目した^{17,18)}。そこで測定肢位は骨盤軽度前傾位と軽度後傾位は、骨盤前後傾の最終域と中間位の

中間の角度とした。これは、骨盤前後傾最終域にて筋活動を高めることは、腰部へのストレスが高く、損傷するリスクを伴うためである。この骨盤の軽度前傾、軽度後傾の範囲内で骨盤肢位を設定し、LMの筋厚を測定した報告はない。そして、本研究結果より骨盤肢位を変化させても信頼性の高い測定が可能であることを示した。Watanabeら¹⁹⁾は、超音波画像を用いた体幹最大屈曲位・中間位・最大伸展位に肢位を変化させたときの安静時の脊柱起立筋の筋厚を測定し、良好な信頼性を得られたと述べている。本研究の肢位の条件は骨盤肢位であり先行研究とは異なるが、先行研究と同様に肢位を変化させても高い信頼性が得られた。今後、骨盤肢位の違いによる筋厚の変化の違いを検討したい。

以上より、超音波画像を用いたLMの筋厚の測定は、骨盤中間位の最大努力を除く活動強度において信頼性が高い測定が可能であることを示した。ただし、本研究は健常者を対象としており、今後はLMの機能不全を有する腰痛患者に対して超音波画像の信頼性の検討を行う必要がある。また、今回の測定肢位は座位を再現した腹臥位という特殊な肢位であり、今後は座位や立位での超音波画像の信頼性を検討する必要があると考える。

最後に本研究は、東京都リハビリテーション病院の研究助成金によって実施した。

引用文献

- 1) Bogduk N: 腰椎・骨盤領域の臨床解剖学。エルゼビア・ジャパン、東京、2008、pp99-124.
- 2) Norris CM: Spinal stabilization 3 Stabilization mechanisms of the lumbar spine. *Physiotherapy*, 1995, 81: 172-79.
- 3) Richardson C, Hodges P, Hides H: Therapeutic exercise for lumbopelvic stabilization 2nd. Churchill Livingstone, Edinburgh, 2004, pp158-199.
- 4) Hides J, Richardson C, Jull G: Use of real-time ultrasound imaging for feedback in rehabilitation. *Manual Therapy*, 1998, 3: 125-131.
- 5) Offeski CM, MacNab I: Hip-spine syndrome. *Spine*, 1983, 8: 316-321.
- 6) 森本忠嗣, 曾田勝広, 西田圭介・他: Hip-Spine Syndrome. *整形外科と災害外科*, 2003, 52: 356-360.
- 7) Kiesel K, Uhl T, Undrewood F: Measurement of lumbar multifidus muscle contraction with rehabilitative ultrasound imaging. *Manual Therapy*, 2007, 12: 161-166.
- 8) Hodges P, Holm A, Hansson T: Rapid atrophy of the lumbar multifidus follows experimental disc or nerve root injury. *Spine*, 1996, 31: 2926-2933.
- 9) Wallwork T, Hides J, Stanton W: Intrarater and interrater reliability of assessment of lumbar multifidus muscle thickness using rehabilitative ultrasound imaging. *J Orthop Sports Phys Ther*, 2007, 37(10): 608-613.
- 10) 下井俊典, 谷 浩明: 最小可検変化量を用いた2種類の継ぎ足歩行テストの絶対信頼性の検討. *理学療法科学*, 2010, 25(1): 49-53.
- 11) Faber MJ, Bosscher RJ, Van W: Clinical properties of the performance-oriented mobility assessment. *Phys Ther*, 2006, 86(7): 944-954.
- 12) 島村亮太, 安彦鉄平, 安彦陽子・他: 座位における骨盤傾斜角度測定の検者内・検者間信頼性と骨盤中間位の検討. *理学療法学*, 2009, 36: A3P3058.
- 13) 安彦鉄平, 島村亮太, 安彦陽子・他: 傾斜計を用いた立位骨盤中間位での骨盤傾斜角度の検者内・検者間信頼性の検討. *関東甲信越ブロック理学療法士学会誌*, 2009, 28: 17.
- 14) 谷 浩明: 評価の信頼性. *理学療法科学*, 1997, 12(2): 113-120.
- 15) Van K, Hides J, Richardson C: The use of real-time ultrasound imaging for biofeedback of lumbar multifidus muscle contraction in healthy subjects. *J Orthop Sports Phys Ther*, 2006, 36(12): 920-925.
- 16) Koppenhaver S, Hebert J, Fritz J, et al.: Reliability of rehabilitative ultrasound imaging of the transversus abdominis and lumbar multifidus muscles. *Arch Phys Med Rehabil*, 2009, 90(1): 87-94.
- 17) 山崎 勉: 整形外科理学療法の理論と実践. *メジカルビュー*, 東京, 1997, pp86-87.
- 18) Sharman SA: 運動機能障害症候群のマネジメント. *医歯薬出版株式会社*, 東京, 2005, pp122-124.
- 19) Watanabe K, Miyamoto K, Masuda T, et al.: Use of ultrasonography to evaluate thickness of the erector spinae muscle in maximum flexion and extension of the lumbar spine. *Spine*, 2004, 29(13): 1472-1477.