

ストレッチポール® を使用したエクササイズによる腰背部の筋硬度と筋放電量の変化

山口 可奈¹⁾, 川口 浩太郎²⁾, 関川 清一²⁾, 髭谷 満³⁾, 稲水 惇²⁾

キーワード (Key words) : 1. ストレッチポール® (Stretch Pole®)
2. 筋硬度 (muscle stiffness) 3. 筋放電量 (muscle activity)

本研究は、ストレッチポール® を使用したエクササイズによる腰背部筋での筋硬度、筋放電量の変化を明らかにすることを目的とした。対象は、腰痛を有しない若年成人 15 名 (男性 5 名, 女性 10 名, 年齢 22.5 ± 1.5 歳) とし、ストレッチポール® を使用したエクササイズの基本となるベーシックセブンを実施した。エクササイズの前後に、立位にて触覚センサーおよび表面筋電計を用いて第 10 胸椎 (Th10) と第 3 腰椎 (L3) レベルでの左右脊柱起立筋の筋硬度および筋放電量を測定した。その結果は、各レベルの左右別ではエクササイズにより筋硬度、筋放電量ともに有意な変化は認められなかったが、筋硬度の左右差の絶対値が Th10 レベルにおいて有意に減少した ($p < 0.025$)。この結果より、ストレッチポール® エクササイズの基本となるベーシックセブン法は Th10 の高さの脊柱起立筋の筋硬度の左右差に影響することが明らかとなった。

緒 言

ストレッチポール® は、アメリカで使用されているフォームローラーを前身として、コアコンディショニングの理念¹⁾に基づき日本のアスレティックトレーナーによって開発されたエクササイズ用品である (図 1)。スポーツ界から波及し、医療現場、フィットネスクラブ、自宅など多様に広がっている¹⁻³⁾。コアコンディショニング¹⁾とは、体幹部を構成するすべての骨格、それを支えるすべての筋、さらに動きの中で変化しうる軸や重心の総称であるコアと、本来持っている健康な身体を保

つ状態を意味するコンディショニングをあわせた考え方である。ストレッチポール® の適応⁴⁾は、関節可動域の減少、筋力低下、バランス反応の低下、協調性の低下、持久力の低下、固有受容覚の低下、筋膜と癒痕組織の柔軟性の低下、motor planning の減少、神経性の柔軟性の低下が挙げられている。ストレッチポール® を使用した基本的なエクササイズ (以下、SPex.) は、安全性が高く若年者から高齢者まで実施可能であり、関節のモビライゼーションが行われ、関節が緩むことに加え、体幹の深層筋が働いて脊椎の安定性が得られる¹⁾。また、体幹の深層筋が働くことで、浅層筋である脊柱起立筋が緩むと報告されている¹⁻³⁾。しかし SPex. による疼痛軽減や筋緊張緩和を主観的指標にて検討した報告⁵⁾や姿勢変化を検討した報告⁶⁾はあるが、脊柱起立筋に着目し、客観的指標を用いた研究はない。

筋を対象とした客観的指標として筋放電量を測定する筋電図検査⁷⁻¹²⁾や筋硬度測定がある。一般的に筋放電量は、筋収縮力や筋線維自体の緊張によって変化するとされ¹³⁾、筋硬度は筋緊張と筋線維の粘弾性によって変化する¹⁴⁾。近年では、触覚センサーを用いて筋硬度を客観的に捉えようとする報告¹⁵⁻¹⁸⁾があり、触覚センサーによって筋硬度の定量化が可能となっている。

そこで本研究は、SPex. によって脊柱起立筋の筋緊張の変化が起こると考え、筋硬度と筋放電量を用いて検討することを目的とした。

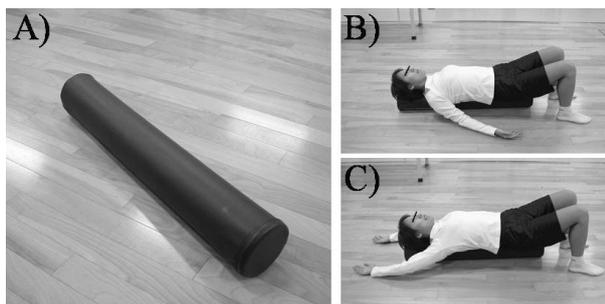


図 1. ストレッチポール® およびベーシックセブンエクササイズ一部風景

- A) ストレッチポール® : 直径 15 cm × 長さ 98 cm の円筒状をしており、本体は低密度ポリエチレン、外層は合成皮革から成る (株式会社 LPN より販売)。
B) ベーシックセブン基本姿勢
C) ベーシックセブン⑦腕の外転運動

・ The effect of muscle stiffness and muscle activity in the dorsolumbar region on Stretch Pole® exercise

・ 1) 広島大学大学院保健学研究科 2) 広島大学大学院保健学研究科心身機能生活制御科学講座 3) 兵庫医科大学病院リハビリテーション部
・ 広島大学保健学ジャーナル Vol. 6 (1) : 52~57, 2006

方 法

1. 対象

腰痛を有しないH大学学生 15名 (男性5名, 女性10名, 年齢 22.5 ± 1.5 歳) を対象とした. 測定に先立ち本研究の趣旨を対象者に説明し, 文書にて被検者になることに同意を得た後に, ヘルシンキ宣言の精神に則って測定を実施した.

2. 測定手順

測定筋は脊柱起立筋とし, 第10胸椎 (以下, Th10)⁸⁻¹⁰ と第3腰椎 (以下, L3)^{8-10, 15, 18-19} の棘突起の左右それぞれの外側に存在する筋腹を測定部位とした. 測定部位はマーカーで皮膚上に記し, SPex. 前後に筋硬度, 筋放電量を測定した.

3. 測定項目

A. 筋硬度

筋硬度の測定には触覚センサー (Venustron, AXIOM社) を使用した. 触覚センサーは, プローブ先端の圧電セラミック素子が 57kHz の固有振動数にて振動し, 一定の速度で計測対象物に押し当てて測定する機器である^{15, 16}. この場合, Omata らの方法¹⁵ を参考に, 触覚センサーより得られた押し込み反力 (g) を筋硬度とした.

また, 超音波皮脂厚計 (MS-306, 誠鋼社) を用いて, 測定部位の皮膚および皮下組織の厚さを測定し, Th10 および L3 レベルにおいて脊柱起立筋の存在深度と考えられる, 皮膚および皮下組織の厚さに各レベルそれぞれ, 6mm および 3mm を加えた深さの値を測定値とした. 触覚センサーのプローブ先端を測定部位に垂直にあて, 測定速度は 4.0mm/sec, サンプリング周波数 200Hz とし, 1箇所につき 3回測定を行い, 3回の平均値を求めた. 測定肢位は, 体動を抑えた上で自由呼吸が測定に影響を与えないよう電動チルト台 (UA-451, OG GIKEN 社) を $80^\circ \sim 85^\circ$ に設定し, 寝台を向いて立った. 頭部, 両腋窩部と膝蓋骨部の寝台との間にクッションをおいて, 大腿部, 殿部, 肩甲帯部を身体固定用バンドにて固定した (図2). 採集したデータは触覚センサー専用データ解析用ソフトウェア (Venustron: II Ver.4.23, AXIOM 社) を使用して保存した.

B. 筋放電量

測定部位の皮膚表面を, 皮膚前処理剤 (skin pure, 日本光電社) にて抵抗が 5k Ω 以下となるように十分に処理した後に, アルコール清拭を行った. 筋電図は表面筋電計 (ノロダイン MES9000, MYOTRONICS-NOROMED 社) を使用した. 表面電極 (MEDICOTEST A/S blue sensor, Ambu 社) は電極中心間距離が 10mm になるようにポリマーパッキング部分の片側をあらかじめ

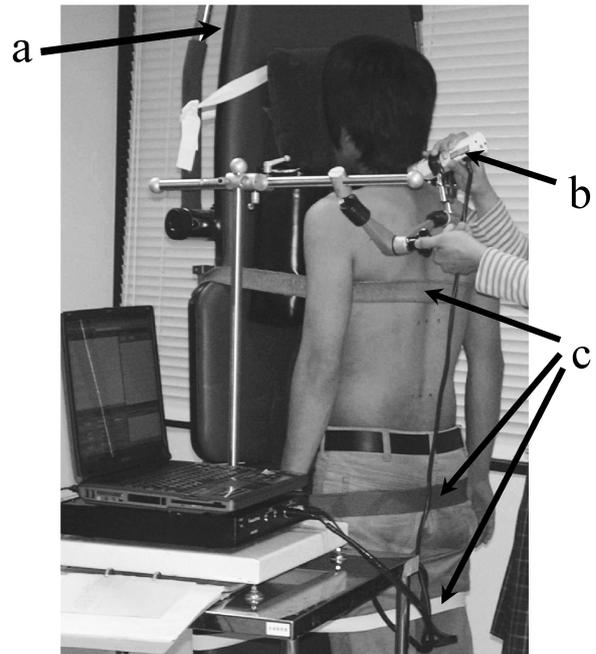


図2. 筋硬度測定風景

a. 電動チルト台 b. 触覚センサープローブ c. 身体固定用バンド

めカットして使用した. 表面電極を脊柱起立筋筋腹に貼り, 双極誘導にて計測した. 測定肢位は安静立位とした.

筋電計より得られたアナログ信号を A/D 変換器 (MacLab/8S, AD Instruments 社) によってサンプリング周波数 1kHz, バンドパスフィルタ 0.3Hz-1kHz にて処理を行って A/D 変換し, 全波整流してパーソナルコンピュータに導出した. 解析ソフトウェア (Chart v.5.0.1, AD Instruments 社) を用いて 2 秒間の Root Mean Square を求め, 筋放電量とした.

4. ストレッチポール[®] を使用したエクササイズ内容 (図1, 表1)

日本コアコンディショニング協会が提唱し, 基本的とされている¹⁻³ ベーシックセブンを行った. 本法は, ま

表1. ベーシックセブン内容 (文献¹⁾ より引用)

- | |
|----------------|
| 1) セルフモニタリング |
| 2) ①基本姿勢の獲得 |
| ②胸のストレッチ |
| ③股関節ストレッチ |
| ④対角ストレッチ |
| ⑤床磨き運動 |
| ⑥肩甲骨運動 |
| ⑦腕の外転運動 |
| ⑧足のワイパー運動 |
| ⑨膝を開き, かかと引き寄せ |
| ⑩小さな揺らぎ運動 |
| 3) 再度セルフモニタリング |

ず床上に背臥位となってセルフモニタリングをする。セルフモニタリングは、肩甲帯部、腰部、臀部、足関節部に分けて設問し、床と接している度合を対象者から口頭で聴取し、用紙に記録する。その後ストレッチポール®上に背臥位、股関節30～60°程度屈曲位、膝関節60～90°程度屈曲位、上肢は体側の前腕回外位で力が抜けた状態となる。下方から脊柱を支持されたまま、深呼吸や上・下肢および体幹を動かす10のプログラムからなる運動を行う。運動終了後に再度床上に背臥位となり、セルフモニタリングを行う。

ベーシックセブンの所要時間はおよそ10～15分とし、口頭での指示のみで、被検者には触れないことを原則とし、「ゆっくり」「小さく」「無理のない範囲で」と指導した。

5. 統計処理

筋硬度測定に関して、測定者内信頼性を検討するため、Th10、L3それぞれの同測定位置に対して3回測定し、級内相関係数を用いて検討した。

筋硬度および筋放電量のSPex.前後を比較するために、ウィルコクソンの符号付順位和検定を行った。この場合、Th10、L3レベルごとに左右別々に分析を行った。

また筋硬度、筋放電量ともに、左右差の変化を捉えるために左右差の絶対値を算出し、Th10、L3レベルごとにSPex.前後をウィルコクソンの符号付順位和検定を行って比較した。

なお、統計学的検定には、統計用ソフトウェア（SPSS 12.0 J for Windows, エス・ピー・エス・エス社）を使用して片側検定を行い、危険率2.5%未満を有意とした。

結 果

1. セルフモニタリング

SPex.前に比べて、後では「肩甲骨が床にべったりついた感じがする」と訴えた対象者は12人（全体の80.0%）、「肩甲骨部分の左右差がなくなった感じがする」と訴えた対象者は8人（全体の53.3%）であった。また、「腰の浮きが減った感じがする」と訴えた対象者は5人（全体の33.3%）、「腰部の左右差がなくなった感じがする」と訴えた対象者は3人（全体の20.0%）であった。

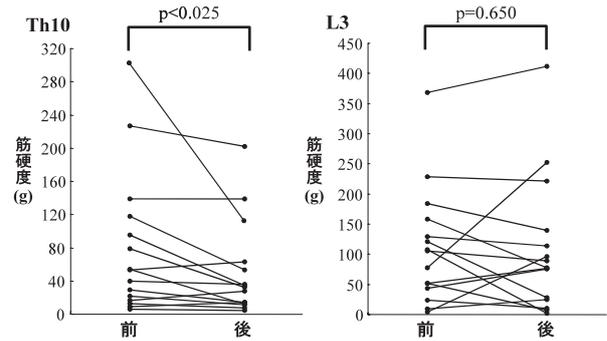


図3. 脊柱起立筋のTh10およびL3レベルにおける筋硬度のSPex.前後での左右差の絶対値

2. 筋硬度

筋硬度測定に関する級内相関係数は0.94-0.98であった。

A. Th10 レベル

Th10レベルの筋硬度は、左側、右側ともにSPex.前後において有意な変化を認めなかった（表2）。

各対象におけるSPex.前後での筋硬度左右差の絶対値を示した（図3）。SPex.前は平均±標準偏差が80.23 ± 86.20g, SPex.後は50.90 ± 56.96gであり、SPex.後に左右差の絶対値が有意に低下した（p < 0.025）。

B. L3 レベル

L3レベルの筋硬度は、左側、右側ともにSPex.前後において有意な変化を認めなかった（表2）。

各対象のSPex.前後での筋硬度左右差の絶対値を示した（図3）。SPex.前は平均±標準偏差が111.01 ± 96.31g, SPex.後は108.26 ± 111.71gであり、有意な変化は認められなかった（p = 0.650）。

3. 筋放電量

A. Th10 レベル

Th10レベルの筋放電量は、左側、右側ともにSPex.前後において有意な変化を認めなかった（表3）。

各対象のSPex.前後での筋放電量左右差の絶対値を示した（図4）。SPex.前は平均±標準偏差が3.31 ± 4.31μV, SPex.後は3.34 ± 3.13μVであり、前後に有意差は認められなかった（p = 0.826）。

表2. 脊柱起立筋のTh10およびL3レベルにおけるSPex.前後の筋硬度測定値（g）

	左 側			右 側		
	前	後	p 値	前	後	p 値
Th10	202.62 ± 82.37	198.65 ± 51.67	0.394 N.S.	237.49 ± 81.68	227.99 ± 87.72	0.281 N.S.
L3	296.30 ± 99.90	252.09 ± 88.03	0.125 N.S.	350.40 ± 157.51	358.11 ± 152.60	0.496 N.S.

mean ± S.D. N.S. : no significant difference

表3. 脊柱起立筋の Th10 および L3 レベルにおける SPex. 前後での筋放電量測定値 (μV)

	左 側			右 側		
	前	後	p 値	前	後	p 値
Th10	10.95 ± 5.17	9.47 ± 5.32	0.173 N.S.	12.81 ± 8.36	12.13 ± 6.56	0.802 N.S.
L3	5.95 ± 4.90	6.01 ± 5.33	0.660 N.S.	7.66 ± 7.76	6.35 ± 5.59	0.031 N.S.

mean ± S.D. N.S. : no significant difference

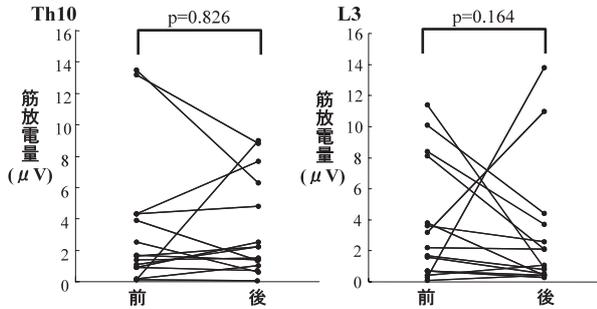


図4. 脊柱起立筋の Th10 および L3 レベルにおける筋放電量の SPex. 前後での左右差の絶対値

B. L3 レベル

L3 レベルの筋放電量は、左側、右側ともに SPex. 前後において有意な変化を認めなかった (表3).

各対象の SPex. 前後での筋放電量左右差の絶対値を示した (図4). SPex. 前は平均 ± 標準偏差が 3.75 ± 3.84 μV, SPex. 後は 2.97 ± 4.07 μV であり、前後に有意差は認められなかった (p=0.164).

考 察

SPex. の開発者たちは、SPex. によって脊柱が生理的な位置に戻り、筋については深部の筋が働いて浅部の筋はリラックスして緩むと報告している¹⁻³⁾. 汎用されているストレッチポール® は、主観的な満足度が高いという報告^{1-3, 5)}があるが、客観的・定量的評価がほとんどなされていない. 本研究では、SPex. による変化を触覚センサーと表面筋電計を用い、脊柱起立筋における筋硬度および筋放電量について検討した.

Uenishi ら¹⁸⁾ は、皮膚層と筋層の生体材料に近いシリコンからなるサンプルを使用して、触覚センサーにより筋層のシリコンの違いを表面から評価でき、筋層のシリコンの粘弾性を測定できると報告している. また触覚センサーによって得られた測定値が筋緊張と高い相関を示すことから¹⁶⁾、筋線維の粘弾性や筋緊張によって変化するとされている筋硬度¹⁴⁾は、触覚センサーを用いて測定可能と考えられる.

筋硬度測定に際して、測定における SPex. 前後の検

者内信頼性を調べるため級内相関係数を測定した結果は、0.94-0.98 であった. Landis ら²⁰⁾ の報告によると、級内相関係数は 0.81 以上で高い信頼性があると述べており、触覚センサーのプロープをあてる位置は SPex. 前後で再現性が高く、SPex. 前後での比較が可能と考える.

今回の測定結果から、Th10 レベルにおいて筋硬度の左右差の絶対値が SPex. 前後で有意に低下し、筋緊張や筋線維の粘弾性の左右差が解消されたことで、脊柱起立筋の左右のバランスが整う可能性が示唆された. 今回使用したベーシックセブンはストレッチポール® 上に背臥位となる基本姿勢をとり、床を滑らせながら上肢および下肢の運動を行うものである. これにより脊柱と脊柱起立筋には、自重による持続的や断続的の圧迫が加わり、関節モビライゼーション効果¹⁾のみならず、筋へのマッサージ効果により Th10 レベルの背部にて筋硬度の左右差の絶対値が有意に低下したものである. 一方、脊柱の腰部は前彎しているため²¹⁾、L3 レベルが SPex. 中ストレッチポール® に接している時間が Th10 レベルより少なかったか、もしくはほとんど接していなかった可能性が考えられ、L3 レベルにおいて筋硬度に左右差が認められなかった要因の一つと考えられる. これはセルフモニタリングにて、ベーシックセブン前に比べて後は、「肩甲骨が床にべったりとついた」、「左右差がなくなった感じがする」という感想が半数以上 (53.3 ~ 80.0%) であったのに対して、「腰の浮きが減った」、「左右差がなくなった」という感想が少なかった (20.0 ~ 33.3%) ことと関連しており、SPex. による体感が、筋硬度変化といった客観的指標に認められたものと思われる.

筋硬度は左右別々では Th10, L3 どちらにおいても SPex. 前後で有意差が認められなかった. 主な要因は、SPex. を行う前の個体差が大きく、さらに SPex. 前後で測定値が増加したもの、減少したものと様々であり、全体として数値で捉えると、有意差が認められなかったと考えられる. これはベーシックセブンの内容は統一されたものであるが、その内容には 10 の運動が含まれており、運動種目や運動様相が各個人に与える影響が異なっていたことが考えられる. 今後はベーシックセブンの内容を詳細に検討していくために、個々の運動について、筋硬度や筋放電量といった客観的指標を用いて検討

する必要があると思われる。

筋放電量については、SPex. 前後にて有意な変化は認められなかった。これは安静立位での脊柱起立筋における筋放電量が微量であり、SPex. による筋放電量の変化を捉えることが困難であった可能性がある。先行研究²²⁻²³⁾では安静立位時の筋放電量と運動課題時との比較、最大等尺性収縮に対する安静立位時の割合を算出するなどの手法を用いており、今後はこれらを参考にSPex. が脊柱起立筋の筋活動様相に及ぼす影響を検討する必要があると思われる。

本研究は腰痛を有さない健常学生を対象にしたが、今後は各エクササイズ種目での検討を行うとともに、高齢者や筋筋膜性疼痛を有している患者等においてもさらなる検討が必要である。

謝 辞

本研究を行うにあたり、御協力いただきました対象者の皆様に深謝いたします。

参考文献

1. ストレッチボール® Basic Instructor ベーシックインストラクターテキスト. p.1-2, 日本コアコンディショニング協会, 名古屋, 2003
2. ストレッチボール® Conditioning Personal Trainer コアリラクゼーションテキスト. p.1, 3-4, 日本コアコンディショニング協会, 名古屋, 2003
3. ストレッチボール® Conditioning Personal Trainer コアストレングス. p.1, 3-7, 日本コアコンディショニング協会, 名古屋, 2003
4. Creager, C.C., 日暮 清, 溝口秀雪: フォームローラーエクササイズ. p.5, Book House HD, 東京, 2003
5. 井村康志: ストレッチボール® を使用したコアコンディショニング. 医道の日本, 726: 198-203, 2004
6. 白石浩一: フォームローラーエクササイズの身体への影響 - 医療系学生 116 名を対象とした調査. Sportsmedicine, 58: 46-48, 2004
7. 中村 誠: 姿勢の科学. p.116-117, 137-138, 不味堂出版, 東京, 1974
8. Radebold, A., Cholewicki, J. and Panjabi, M.M. et al.: Muscle response pattern to sudden trunk loading in healthy individuals and in patients with chronic low back pain. Spine, 25: 947-954, 2000
9. Cholewicki, J. and VanVliet, J. J. IV: Relative contribution of trunk muscles to the stability of the lumbar spine during isometric exertions. Clin. Biomech., 17: 99-105, 2002
10. Kavcic, N., Grenier, S. and McGill, S. M.: Quantifying tissue loads and spine stability while performing commonly prescribed low back stabilization exercises. Spine, 29: 2319-2329, 2004
11. 宮野佐年, 三上真弘: 腰痛症のマニュアルセラピー. 荒木秀明(編): Monthly book medical rehabilitation, no.12. p.42-48, 全日本病院出版会, 東京, 2001
12. 石田和宏, 伊藤俊一, 土井貴行, 他: 腰部の安定化機能について 健常者と腰痛症者での比較. 北海道理学療法士会誌, 19: 15-18, 2002
13. 木村貞治: 理学療法における筋電図学的評価法 1 理学療法における筋電図学的評価の意義. 理学療法, 20: 1161-1168, 2003
14. 望月 久, 山田 茂: 筋機能改善の理学療法とそのメカニズム - 理学療法の科学的基礎を求めて -. p.124-125, ナップ, 東京, 2001
15. Omata, S. and Terunuma, Y.: New tactile sensor like the human hand and its applications. Sensor and Actuators A, 35: 9-15, 1992
16. Inaba, H., Kagami M. and Kaneko, Y. et al.: Use of tactile stiffness to detect fatigue in the latissimus dorsi muscle. Artif Organs, 24: 808-815, 2000
17. 片山博司, 稲田篠治: 触覚センサーを用いた咬筋の筋疲労判定に関する検討. 歯科医学, 63: 23-32, 2000
18. Uenishi, K., Tanaka, M. and Miyamoto, N. et al: Development of Muscular Fatigue Evaluation for Automotive Driver. JSAE Review, 25: 99-104, 2004
19. Kleine, B.U., Schumann, N.P. and Bradl, I. et al.: Surface EMG of shoulder and back muscles and posture analysis in secretaries typing at visual display units. Int Arch Occup Environ Health, 72: 387-394, 1999
20. Landis, J.R. and Koch, G.G.: The measurement of observer agreement for categorical data. Biometrics, 33: 159-174, 1977
21. 小川鼎三, 森 於菟, 森 富: 解剖学 第1巻. p.43-46, 金原出版, 東京, 2002
22. Cholewicki, J., Panjabi, M.M. and Khachatryan, A.: Stabilizing function of trunk flexor-extensor muscles around a neutral spine posture. Spine, 22: 2207-2212, 1997
23. Snijders, J., Ribbers, T. and de Bakker, V. et al.: EMG recordings of abdominal and back muscles in various standing postures. J. Electromyography Kinesiol, 8: 205-214, 1998

The effect of muscle stiffness and muscle activity in the dorsolumbar region on Stretch Pole[®] exercise

Kana Yamaguchi¹⁾, Kotaro Kawaguchi²⁾, Kiyokazu Sekikawa²⁾
Mitsuru Tabusadani³⁾ and Tsutomu Inamizu²⁾

- 1) Graduate School of Health Sciences, Hiroshima University
- 2) Department of Physical Therapy and Occupational Therapy Sciences, Graduate School of Health Sciences, Hiroshima University
- 3) Department of Rehabilitation, The Hospital of Hyogo College of Medicine

Key words : 1. Stretch Pole[®] 2. muscle stiffness 3. muscle activity

The purpose of this study was to understand alterations of muscle stiffness and muscle activity in the dorsolumbar muscle quantitatively by exercising with a Stretch Pole[®]. The subjects were fifteen healthy adults (5 men and 10 women) who did not have low back pain. The Basic Seven exercise with the Stretch Pole[®] was applied as an exercise protocol. We measured the muscle stiffness and muscle activity of the bilateral erector spinae at the height of the tenth thoracic vertebra and third lumbar vertebra to make a comparison before and after exercise with the Stretch Pole[®] using a tactile sensor and surface electromyography on standing. The results of this study showed that there were no significant differences between muscle stiffness and muscle activity on each side of erector spinae at either height, when we made a comparison before and after exercise with the Stretch Pole[®]. However, there were significant differences of absolute right and left muscle stiffness in the erector spinae at the height of the tenth thoracic vertebra ($p < 0.025$). It is suggested that right and left differences of muscle stiffness in the erector spinae at the height of the tenth thoracic vertebra were influenced by the Basic Seven which were the basis of exercise with the Stretch Pole[®].