

# 動的体幹トレーニングと静的体幹 トレーニングの効果比較のための筋活動の 標準化

## Quantification and Standardization of Muscle Activities on Dynamic Trunk Exercise and Static Trunk Exercise

杉本拓也\*<sup>1</sup>, 大槻伸吾\*<sup>2</sup>, 仲田秀臣\*<sup>2</sup>  
佐藤真治\*<sup>2</sup>, 柳田育久\*<sup>1</sup>, 大久保衛\*<sup>1</sup>

キー・ワード：Dynamic trunk exercise, static trunk exercise, standardization of load  
動的体幹トレーニング, 静的体幹トレーニング, 負荷量の標準化

〔要旨〕 腰部疾患のリハビリテーションにおいて動的体幹筋力トレーニング（以下 Dy-E）と静的体幹筋力トレーニング（以下 St-E）が用いられる。双方のトレーニング効果を比較する為の前段階として、表面筋電図を用い、Dy-E と St-E の筋活動を標準化することを本研究の目的とした。対象は成人男性 10 名（平均年齢 30.1 歳）であった。Dy-E 種目として Trunk curl, St-E 種目として Side-bridge と Elbow-toe を採用した。被験筋は腹直筋上部, 下部, 外腹斜筋の 3 か所とした。得られた筋活動電位は積分値を算出し 10 秒間で除し平均振幅を求め、最大自発筋収縮値（以下 MVC）を 100% とした際の、各種 10 秒間の筋活動値を求めた。上体おし保持 10 秒における MVC を用い Dy-E, St-E 筋活動量を %MVC 標記することで定量化し標準化した。その結果 Dy-E の Trunk curl 5 回に相当する、St-E の運動量は Side-bridge 33.1 秒, Elbow-toe 16.6 秒であった。

### 背景

体幹筋力の増強は腰部疾患のリハビリテーションで重要とされている<sup>1,2)</sup>。その強化方法は筋の活動様式から動的体幹筋力増強訓練（以下 Dy-E）と静的体幹筋力増強訓練（以下 St-E）に大別される。『腰痛診療ガイドライン 2012』には慢性腰痛（3 カ月以上）に対して運動療法は有効であるが運動の種類、運動量、頻度、期間については不明であると記されている<sup>3)</sup>。Dy-E, St-E はそれぞれ筋の収縮形態が異なるためにこれまではその効果の比較や運動処方時の適切な使い分けに定量的な指標となるものが見出されていなかった。

そこで Dy-E, St-E に大別されている腰部疾患

の運動療法を比較検討し至適な運動種類と運動量を明らかにすることに資するため、表面筋電図を用い Dy-E と St-E の筋活動量を標準化することを本研究の目的とした。

### 対象および方法

#### 1. 対象

研究内容を説明し同意を得た腰背部に異常のない健常成人男性 10 名を対象とした。平均年齢 30.1 ± 6.8 歳, 平均身長は 173.3 ± 3.68cm, 平均体重は 72.5 ± 3.87kg および平均 BMI は 24.1 ± 1.29 であった。対象のスポーツ歴は野球 7 名（経験年数平均 9.5 年）および陸上競技（経験年数 6 年）、水泳（経験年数 6 年）、サッカー（経験年数 6 年）が各 1 名であった。

\*<sup>1</sup> 医療法人貴島会ダイナミックスポーツ医学研究所

\*<sup>2</sup> 大阪産業大学人間環境学部スポーツ健康学科

## 2. 方法

### a. 被験筋

被験筋は、腹直筋上部、下部、外腹斜筋の3か所とした。電極の貼り付け箇所の同定は、下野<sup>4)</sup>の方法を参照した(図1)。

### b. MVC 測定

最大自発筋収縮(maximal voluntary contraction, 以下 MVC)の測定として腹直筋は上体起こし保持(膝たて背臥位で体幹を床から20度で保持する肢位)で実施した。外腹斜筋は、左回旋を伴う上体起こし保持とした。両筋とも最大抵抗下にて15秒間保持し、筋電波形が安定していた10秒間をMVC値とした(図2)。

### c. 筋活動の算出方法

テレメトリー筋電計MQ8(キッセイコムテック社製)を用いて筋電波形を導出した(図3)。得ら

れた筋活動電位は、AD変換器をとおしてパーソナルコンピューターに記録し、サンプリング周波数は1kHzとした。波形解析は多用途生体情報解析プログラム(BIMUTAS VIDEO キッセイコムテック株式会社製)を用い、30-500Hz帯域通過フィルタ(バンドパス・フィルタ)で平滑化処理した。得られた生波形を全波整流し積分値を算出し10秒間で除し平均振幅を求め、MVC値を100%とした際の、各種10秒間の筋活動値を求めた。

### d. 測定種目

Dy-Eの代表的な種目としてTrunk curlを選択した。股関節を60度、膝関節を90度屈曲した背臥位の姿勢から手掌が膝関節に触れるまで挙上し元に戻る動作を1回とし、2秒間1回ペースで5回実施した。また、St-Eも代表的なSide-bridge肢位(以下Side-bridge)、Elbow-toe肢位(以下Elbow-toe)を10秒間実施した(図4)。

### e. 算出方法

Trunk curlに対するSide-bridgeおよびElbow-toeの筋活動量の比率を求め、その比率からTrunk curl 5回10秒に対して同等の運動負荷を得るために必要なSide-bridgeおよびElbow-toeの運動時間を算出した。

## ■ 結果

各種目の平均振幅は、Trunk curlで腹直筋上部が $9.99 \pm 5.01\%$ MVC、腹直筋下部が $9.66 \pm 4.25\%$ MVC、外腹斜筋が $6.60 \pm 3.09\%$ MVCであった。Side-bridgeは腹直筋上部が $3.02 \pm 1.61\%$ MVC、腹直筋下部が $2.62 \pm 1.19\%$ MVC、外腹斜筋が $6.33 \pm 1.99\%$ MVCであった。Elbow-toeは腹直筋上部が $6.03 \pm 2.92\%$ MVC、腹直筋下部が $5.95 \pm 1.70\%$ MVC、外腹斜筋が $5.19 \pm 1.66\%$ MVCであった(表

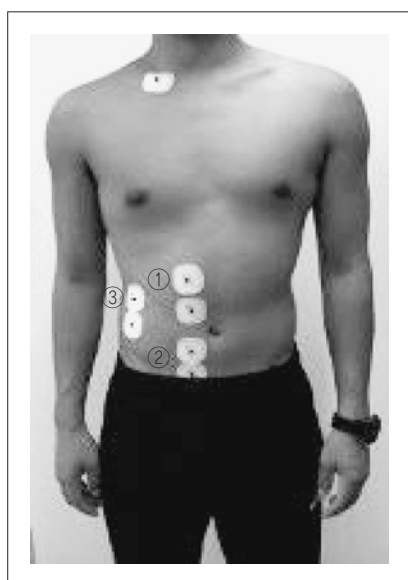


図1 被験筋部位  
①腹直筋上部②腹直筋下部③外腹斜筋を被験筋とした。



図2 最大自発筋収縮 maximal voluntary contraction (以下 MVC)  
最大抵抗下にて15秒間保持し、筋電波形が安定していた10秒間をMVC値とした。  
左図は腹直筋のMVC測定。右図は右外腹斜筋のMVC測定。

1).

以上の通り Trunk curl 5回10秒に対して Side-bridge の筋活動は 1/3, Elbow-toe は 2/3 であった。すなわち, Trunk curl 5回10秒の運動量に達するまで Side-bridge は 3.307 倍 ( $9.99 \div 3.02 = 3.307$  倍) の時間が必要となり, Trunk curl 5回10秒と同等運動量は 33.1 秒 ( $10 \text{ 秒} \times 3.307 = 33.1 \text{ 秒}$ ) となった。Elbow-toe は 1.65 倍 ( $9.99 \div 6.03 = 1.65$  倍) の時間が必要であり, 同等運動量は 16.6 秒 ( $10 \text{ 秒} \times 1.65 = 16.6 \text{ 秒}$ ) であった。小数点第2位は四捨五入した。

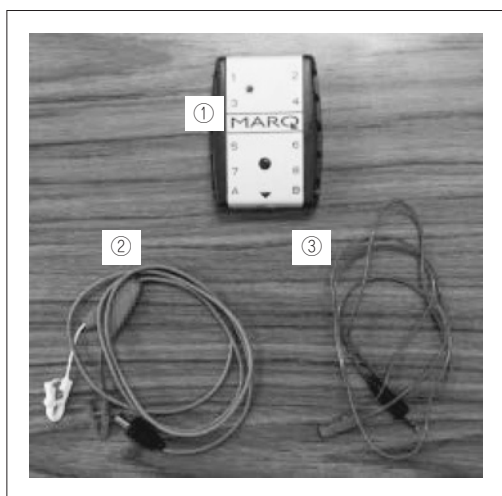


図3 表面筋電図装置  
①テレメトリー筋電計 MQ8 ②AD 変換器  
③アースコードを用いた。

上記算出方法で算出した結果, Trunk curl を 10 秒間で 5 回実施した場合, Side-bridge 実施時の腹直筋上部は 33.1 秒分, 腹直筋下部は 36.8 秒分, 外腹斜筋は 10.4 秒分に相当していた。Elbow-toe 実施時の腹直筋上部は 16.6 秒分, 腹直筋下部は 16.2 秒分, 外腹斜筋は 12.7 秒分に相当していた(図5)。

### ■ 考 察

Dy-E と St-E の筋活動を %MVC を指標に定量化し標準化を行った結果, Trunk curl を 5 回実施するのと同様な秒数は Side-bridge 33.1 秒, Elbow-toe 16.6 秒であった。

Dy-E と St-E の先行研究では, われわれの渉猟しえた範囲ではそれぞれのトレーニング方法やその効果, 筋電図を用いたトレーニング肢位の違いによる筋活動について検証している論文<sup>5-8)</sup>が多く, 双方の運動療法について筋活動量を標準化し腰部疾患の運動療法としての効果を比較した研究は見当たらない。

今回採用した Dy-E の Trunk curl と St-E の Side-bridge, Elbow-toe は腰部疾患における運動療法の初期から開始できる exercise として妥当であると考え。

St-E の先行研究の多くは exercise の肢位が示されており, St-E に重量負荷を加えて行う場合や, Dy-E と組み合わせて行う場合, また St-E と同程度の筋刺激を Dy-E を用いて加えようとする場



図4 測定種目

- ① Dy-E の Trunk curl. 股関節 60 度, 膝関節を 90 度屈曲した背臥位の姿勢から手掌が膝関節に触れるまで挙上し元に戻る動作を 1 回とし, 2 秒間 1 回ペースで 5 回実施した。
- ② St-E の Side-bridge. 10 秒間実施した。
- ③ St-E の Elbow-toe. 10 秒間実施した。

表 1 各種目の平均振幅 (%MVC)

	腹直筋上部	腹直筋下部	外腹斜筋
Trunk curl	9.99 ± 5.01	9.66 ± 4.25	6.60 ± 3.09
Side-bridge	3.02 ± 1.61	2.62 ± 1.19	6.33 ± 1.99
Elbow-toe	6.03 ± 2.92	5.95 ± 1.70	5.19 ± 1.66

Mean ± SD (n = 10)

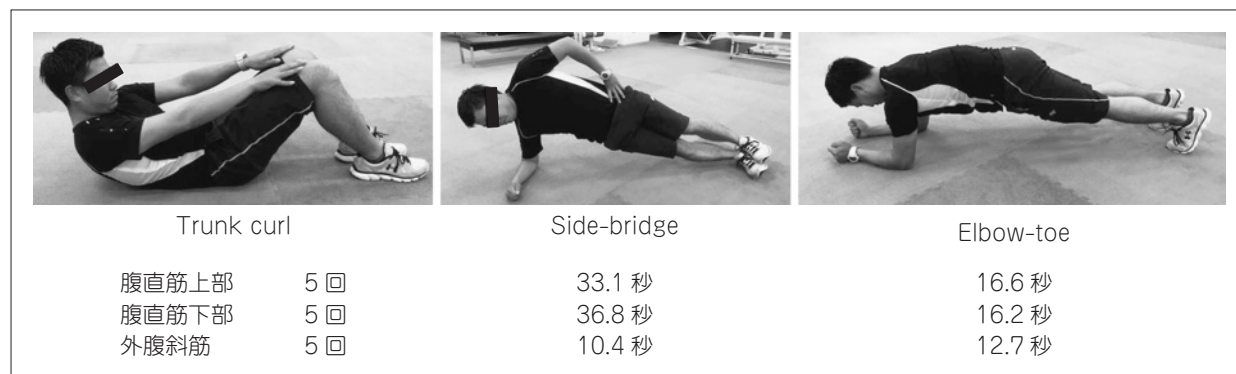


図5 Trunk curl 5回と相当する運動時間

Trunk curl を 10 秒間で 5 回実施した場合、Side-bridge 実施時の腹直筋上部は 33.1 秒分、腹直筋下部は 36.8 秒分、外腹斜筋は 10.4 秒分に相当していた。Elbow-toe 実施時の腹直筋上部は 16.6 秒分、腹直筋下部は 16.2 秒分、外腹斜筋は 12.7 秒分に相当していた。

合に参考となる定量化された指標を明示した研究は見当たらない。すなわち、どの程度の筋活動量を体幹筋群に負荷すれば期待される筋機能向上が得られるのかを定量化するためにも本研究は研究資料として十分に寄与するものと考えられた。

本研究の限界は対象が限られた年代であったこと、またすべての Dy-E と St-E を標準化できていないことである。加えて比較的浅層筋を標的とした Dy-E, St-E の標準化であり、深層筋や広範囲にわたる筋群や高負荷を用いた伸張性収縮が加わるようなトレーニングにおいては、今後さらに検討が必要である。

今回の結果により、今後は腰部疾患に対する双方を用いた運動療法の臨床効果判定と、トレーニング効果として腹筋群の筋厚変化、筋持久力、体幹前屈筋力の多方面からその効果を比較検討したいと考える。

## 結 論

1. 腹直筋上部、腹直筋下部、外腹斜筋に表面筋電図を装着し、Dy-E (Trunk curl) と St-E (Side-bridge, Elbow-toe) の実施時の筋活動を導出し筋活動の標準化を図った。

2. Dy-E の Trunk curl を 5 回実施する筋活動と同等な筋活動を得るためには St-E として Side-bridge 33.1 秒、Elbow-toe 16.6 秒が必要であった。

3. 本研究の手法を応用して腰部疾患に対する運動療法としての Dy-E と St-E の効果を比較検討することが可能になった。

## 利益相反

本論文に関連し、開示すべき利益相反はなし。

## 文 献

- 1) 大久保衛, 大槻伸吾. 腰椎分離・汙り症. In: 臨床スポーツ医学編集委員会(編). 新版スポーツ外傷・障害の理学診断理学療法ガイド. 第3版. 東京: 株式会社文光堂; 185-191, 2004.
- 2) 中尾哲也, 辻 信宏. 腰椎分離症, 腰椎汙り症. In: 黒田善雄, 中島寛之, 市川宣恭, 他(編). 臨床スポーツ医学 スポーツ医学における理学療法. 東京: 株式会社文光堂; 219-223, 1993.
- 3) 日本整形外科学会, 日本腰痛学会. 治療. In: 日本整形外科学会診療ガイドライン委員会, 腰痛診療ガイドライン策定委員会(編). 日本整形外科学会, 日本腰痛学会(監修). 腰痛診療ガイドライン 2012. 東京: 株式会社南江堂; 48-53, 2012.
- 4) 下野俊哉. 表面筋電図マニュアル基礎・臨床応用. 酒井医療株式会社; 147-148, 2004.
- 5) 大久保雄, 金岡恒治. コアスタビリティートレーニングの筋電図学的特性. 理学療法. 2017; 34(10): 879-886.
- 6) 杉本拓也, 林 慈晃, 池内 誠, 他. クラウス・ウェバー変法と体幹深部筋エクササイズにおける内腹斜筋の筋活動量について. 関西臨床スポーツ医・科学研究会. 2009; 19: 53-56.
- 7) 杉本拓也, 能登洋平, 林 慈晃, 他. クラウス・ウェバー変法と体幹深部筋エクササイズにおける腹横筋の筋活動量について. 関西臨床スポーツ医・科学研究会誌. 2012; 22: 25-27.
- 8) 半田 徹, 加藤浩人, 長谷川伸, 他. 腹部トレーニ



## Quantification and Standardization of Muscle Activities on Dynamic Trunk Exercise and Static Trunk Exercise

Sugimoto, T.<sup>\*1</sup>, Otsuki, S.<sup>\*2</sup>, Nakata, H.<sup>\*2</sup>  
Satou, S.<sup>\*2</sup>, Yanagida, I.<sup>\*1</sup>, Okubo, M.<sup>\*1</sup>

<sup>\*1</sup> Dynamic Sports Medicine Institute

<sup>\*2</sup> Human Environment Department, Osaka Sangyo University

**Key words:** Dynamic trunk exercise, static trunk exercise, standardization of load

**[Abstract]** Therapeutic muscle exercise is classified into dynamic muscle exercise and static muscle exercise. Dynamic trunk exercises (Dy-E) and static trunk exercises (St-E) are used for rehabilitation of lower back disorders.

The purpose of this study is to quantify and standardize the Dy-E and St-E muscle activities using a surface electromyogram (EMG). The subjects were 10 adult men (average age of 30.1 years) without lumbar pain. The obtained muscle action potential was calculated by integration and division by 10 seconds to evaluate the mean amplitude.

The EMG was measured during trunk curls for Dy-E and during side-bridge and elbow-toe positions for St-E in each subject. The EMG electrodes were attached to the upper and lower rectus abdominis muscles and the external oblique muscle. Each EMG value was quantified and standardized by maximal voluntary contraction (MVC) by maintaining a sit-up position against manual resistance for ten seconds. As a result, the EMG of 5 repetitions of the trunk curl as Dy-E was equivalent to the EMG when keeping the side-bridge position for 33.1 seconds and keeping the elbow-toe position for 16.6 seconds.