

平台車を用いた体幹トレーニングが体幹筋群の筋厚に及ぼす影響 —陸上競技における跳躍・混成種目を専門とする競技者を対象として—

小森大輔¹⁾、中谷深友紀²⁾、高井洋平³⁾、濱中良²⁾、加藤忠彦²⁾ 近藤亮介⁴⁾

¹⁾鹿屋体育大学スポーツ・武道実践科学系

²⁾鹿屋体育大学大学院体育学研究科

³⁾鹿屋体育大学スポーツ生命科学系

⁴⁾神戸大学大学院人間発達環境学研究科

キーワード： 平台車、体幹トレーニング、体幹筋群、筋厚

【要 旨】

本研究は、陸上競技の跳躍・混成種目を専門とする男子学生を対象に、平台車を用いた体幹トレーニングが体幹筋群の筋厚に及ぼす影響を明らかにすることを目的とした。

トレーニング期間は 2015 年 12 月から 2016 年 2 月までの約 3 ヶ月間とし、週に 2 回の頻度で計 20 回実施した。平台車を用いた 18 種類の体幹トレーニングを行わせた。被検筋は、腹直筋、外腹斜筋、内腹斜筋、腹横筋とし、腹直筋のみ第 2・3・4 腱画下の 3 ヶ所を測定した。被検筋によるトレーニング効果の違いを検討するために二要因被験者内計画の分散分析を用いた結果、測定時期と測定部位の主効果、交互作用は有意であった。各測定部位において測定時期の単純主効果が有意であり、トレーニング後に被検筋の全ての筋厚が有意に増大した。トレーニングによる各部位の変化率を検証したところ、腹直筋①および内腹斜筋に比べて腹横筋が有意に高い値を示した。

このことから、筆者が考案した平台車を用いた体幹トレーニングは、体幹筋群の筋厚を増大させるトレーニングとして有効な手段の一つであると示唆された。

スポーツパフォーマンス研究, 9, 197-210, 2017 年, 受付日: 2016 年 12 月 8 日, 受理日: 2017 年 4 月 26 日

責任著者: 小森大輔 891-2393 鹿児島県鹿屋市白水町 1 番 komori@nifs-k.ac.jp

Effects on trunk muscles of training with a flat dolly: athletes specialized in jumping and composite events

Daisuke Komori¹⁾, Miyuki Nakatani²⁾, Yohei Takai¹⁾, Ryo Hamanaka²⁾,
Tadahiko Kato²⁾, Ryosuke Kondo³⁾

¹⁾ National Institute of Fitness and Sports in Kanoya

²⁾ Graduate School, National Institute of Fitness and Sports in Kanoya

³⁾ Graduate School, Kobe University

Key words: flat dolly, training the trunk of the body, muscle thickness

[Abstract]

The present study aimed to examine effects of training the trunk of the body, using a flat dolly, on the thickness of the trunk muscles. The participants were male student athletes who specialized in jumping and composite events at track and field competitions.

The training was conducted twice a week for three months, from December, 2015, to February, 2016, for a total of 20 times. In the training, a flat dolly was used for 18 types of trunk training. The muscles measured were the abdominal rectus muscle, the external abdominal oblique muscle, the internal abdominal oblique muscle, and the transverse abdominal muscle. For the abdominal rectus muscle only, measurements were made at three points: under the second, third, and fourth tendinous intersections. In order to have a measure of effects of the training on the muscles, a two-element within-subject design was used. The results of an analysis of variance revealed that the main effects of measurement time and measurement location were significant, as was the interaction. The main effect of measurement time was significant at each location measured. The thickness of all muscles measured increased significantly after the training.

The amount of change in the muscles after the training was significantly higher in the transverse abdominal muscle than in the abdominal rectus and internal abdominal oblique muscles.

These results suggest that the proposed method of training with a flat dolly may be effective for increasing the thickness of the trunk muscles.

I. 緒言

近年、体幹部のトレーニングに着目した書籍が出版されており(小林・山本, 2009; 本橋, 2009; 岡田, 2011; 長友, 2014・2015)、体幹の注目の高さが伺える。体幹部のトレーニングに関して、トレーニングにより体幹の安定が保証されることで四肢に素早い正確な動きや動作能力が向上すると考えられている(宮下ほか, 2012)。トレーニングの代表例としては、スタビライゼーション(小林・山本, 2009)、ピラティス(本橋, 2009)、ノルウェーで開発された Red code trainer(宮下ほか, 2012・2013)が挙げられる。スタビライゼーションおよびピラティスは、誰でも手軽にでき、専用のトレーニング機器に頼らず、省スペースでできるところが利点である。橋本ほか(2011)は、体幹スタビライゼーションエクササイズが各種ジャンプパフォーマンスに及ぼす影響を検討し、ジャンプを行う前に一過性の体幹スタビライゼーションエクササイズを行うことによって、ドロップジャンプやリバウンドジャンプのパフォーマンスが改善したことを報告している。ピラティスは姿勢の改善による体幹の強化を目的としたトレーニングであり、基本のピラティスに外的要素をプラスしスポーツ動作へと移行させていくアスリートピラティス(本橋, 2009)が考案されている。一方、Red code trainer は近年、多くのアスリートが使用しているが(中村, 2011)、専用の機器が必要であること、施設によっては、同時に多くの人数で使用することは困難であり、誰でも手軽にできるトレーニングとは言い難い。これらの書籍や研究においては、トレーニングの種目や実施上の注意点は詳細に報告されているが、エクササイズやトレーニングを実施した後に体幹筋群がどのように変化したのかデータとして提示されていない。また、スタビライゼーションの上級エクササイズは、四肢を動かす動的な種目で構成され、アスリートピラティスも上記の通り基本のピラティスに外的要素が加わって構成されている。実際の競技場面では動的な状況の中で、いかに体幹を安定させるかが要求される。このことから動的な状況で体幹筋群を鍛えることが重要である。

そこで、筆者はこれらのトレーニング以外にも体幹筋群を鍛える方法がないか考え、平台車(ナンシン社製, PD-403-2N, 図 1)を用いた体幹トレーニングを考案した。本研究は考案した体幹トレーニングを約 3 ヶ月間実施し、体幹筋群の筋厚に及ぼす影響を明らかにすることを目的とした。



図 1. 平台車(ナンシン社製)

II. 方法

1. 対象者

対象者は、K 大学陸上競技部に所属し、跳躍・混成種目を専門とする男子学生 14 名とした。表 1 に対象者の特性を示した。本研究の対象者の競技パフォーマンスは、専門種目の記録を得点に換算できる IAAF Scoring Table of Athletics 2014(International Association of athletics Federations, 2014)を用いて点数化したもの(以降、IAAF Score とする)で表記した。なお、対象者には実験にともなう危険性を十分に説明し、事前に実験参加に対する同意を得た。

表1. 対象者の年齢および専門種目

対象者	年齢(歳)	専門種目	自己最高記録	IAAF Score
A	26	三段跳	15.48m	1004
B	22	走高跳	2.14m	1037
C	21	十種競技	5910点	802
D	21	十種競技	6452点	883
E	21	三段跳	15.27m	981
F	20	十種競技	7304点	1013
G	20	棒高跳	4.80m	940
H	20	走幅跳	7.13m	950
I	20	三段跳	14.25m	875
J	19	十種競技	6102点	831
K	19	三段跳	15.43m	998
L	19	走幅跳	6.84m	888
M	19	走幅跳	6.85m	890
N	19	棒高跳	5.00m	994

2. トレーニング期間および回数

体幹トレーニングの期間は、2015 年 12 月 1 日から 2016 年 2 月 27 日までの約 3 ヶ月間とし、週に 2 回の頻度で計 20 回を実施した。対象者のトレーニングのマイクロサイクルを表 2 に示した。体幹トレーニングは、火曜日と土曜日の他の練習を終えた後に実施した。週のトレーニングのうちトレーニング A(表 3)およびトレーニング B(表 4)をそれぞれ一回ずつ行った。原則火曜日をトレーニング A、土曜日をトレーニング B とした。また、トレーニング期間中は、本研究で行った体幹トレーニング以外で体幹筋群を鍛えるトレーニングは行わなかった。なお、3 名の対象者は 2 月末からの合宿の都合上、10 週目の 1 回分を 9 週目に実施し、9 週目を 3 回、10 週目を 1 回に変更した。ただし、上述の通り、計 20 回のトレーニング回数はその他の対象者と合わせた。

表 2. トレーニングのマイクロサイクル

月曜日	火曜日	水曜日	木曜日	金曜日	土曜日	日曜日
・走練習 砂地走110m×5×2 インターバル:3.5分 セット間:10分 - ハードル走 (300m+200m)×2 インターバル:4分 セット間:15分 ・補強(各自)	・ウエイト クリーン ベンチプレス ロープ ・<u>体幹トレーニング(A)</u>	休 養	・ブライオメトリックス - バウンディング 階段ホッピング ハンデルンジャンプ 立幅跳等 ・メディシン ボール投げ補強 (前後方向)	・ウエイト スナッチ 片脚スクワット ・ペアマッサージ	・技術練習 ・<u>体幹トレーニング(B)</u>	休 養

3. トレーニングの実施上の注意点およびトレーニング内容

体幹トレーニングの方法は、平台車に両手を乗せる姿勢、平台車に両足を乗せる姿勢(以降、腕立姿勢とする)、2つの平台車に両手・両足をそれぞれ乗せる姿勢の3種類である。平台車に両手を乗せる姿勢は、膝を地面につけて行う姿勢(以降、膝立姿勢とする)と膝を地面につけず、膝を伸ばし立位から行う姿勢(以降、立位姿勢とする)の2種類である。全ての種目において、実施中は体幹に力を入れ、常に安定させるよう指示した。

膝立姿勢における正しい姿勢を図2(a)に示した。体幹を伸展する際は図2(a)の通り、体幹を地面と平行に保つことが重要である。また、膝立姿勢における悪い姿勢を[動画1](#)および図3(a)に示した。このように腰が下がる姿勢や肩関節角度のみが大きくならないように注意する必要がある。なお、両膝の間隔は実施者の拳1つ分とした。

腕立姿勢における正しい姿勢を図2(b)に示した。図2(b)の通り、体幹を伸展する際は体幹を地面と平行に保つこと、体幹を屈曲する際は両膝をできるだけ曲げないように引き付けることが重要である。また、腕立姿勢における悪い姿勢を[動画2](#)および図3(b)に示した。このように、体幹を伸展する際に腰が下がらないこと、屈曲する際に膝を曲げ過ぎないようにすることが重要である。なお、両手の間隔は実施者の肩幅程度とした。

立位姿勢における正しい姿勢を図2(c)に示した。基本的な注意点は膝立姿勢と同じであるが、開始姿勢から伸展する際に膝立姿勢よりも立位姿勢の方は腰が下がりやすいので高い位置を保持することが重要である(青丸)。ただし、[動画3](#)および図3(c)で示す通り、体幹を伸展する際は腰が下がらないこと、そして足関節角度が大きくならないようにする(足関節角度を約90度に保つ)ことが重要である。

平台車に両手・両足を乗せる姿勢での注意するポイントは、立位姿勢および腕立姿勢と同じである。ただし、両手・両足を平台車に乗せているため、足部や手部を支点として体幹の屈伸を行う種目では、支点をできるだけ動かさないことが重要である。

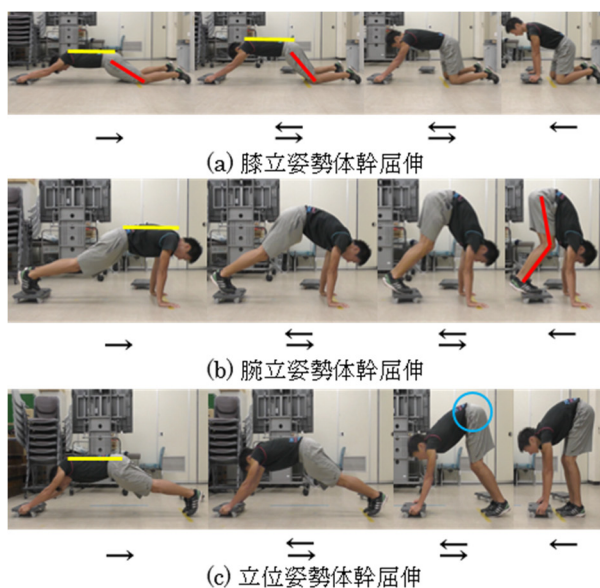


図 2.各姿勢(膝立・腕立・立位)における正しい姿勢

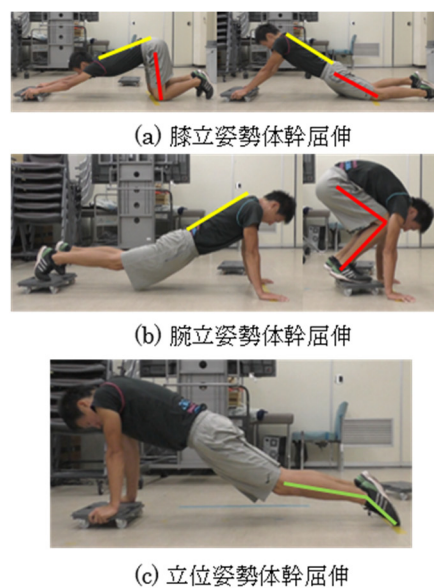


図 3.各姿勢(膝立・腕立・立位)における悪い姿勢

体幹トレーニングの内容を表 3・4 に、各種目の正しいやり方を動画 4～21 に示した。このトレーニングは、体幹の屈曲・伸展動作に加えて、左右の側屈動作も発生するように考案した。トレーニング A は、主に室内での実施を想定し、省スペースでできるような種目を配置した。トレーニング B は、主に屋外(室内に大きなスペースがあるところ)での実施を想定して種目を配置した。

トレーニング A は正しい姿勢(図 2)を身につけさせるために、1・2 週目を導入とし実施回数を減らして行わせた。また、トレーニング A における膝立姿勢での実施は、トレーニング回数増加に伴う適応が発生すると考え、6 週目以降は負荷を上げるために立位姿勢で実施させた。なお、トレーニングの順序は、表 3 の内容を上から記載通りに行わせた。

トレーニング B は、平台車に両手・両足をそれぞれ乗せる姿勢で行う種目を配置した。7 週目以降に負荷を上げるため、角度や往復回数を増やした。トレーニングの順序は、表 4 の内容を上から記載通りに行わせた。

トレーニングの実施状況については、表 3・4 の内容に追加して、トレーニング A では 9 週目および 10 週目、トレーニング B では 7 週目から 10 週目においてプライオジャケット(NISHI 社製, T7204B)を着用させ負荷を上げた。プライオジャケットは、重りとして砂袋を使用し、胸部 9 ヶ所、背部 9 ヶ所に収納ポケットがあり、本研究では最大となる 4.4 kg の重さで使用した。

トレーニング A・B においては実施する際に目安となるテープを貼付した。V 字屈伸(動画 6・7)については左右それぞれ斜め方向の位置(45 度)に貼付した。足部支点サークルおよび足部支点サークルリバースについては、膝立姿勢(動画 8・10)では膝が地面に着いている場所から前方へ 90cm の位置に、立位姿勢では爪先から 120cm の位置に、腕立姿勢(動画 9・11)では手から後方へ 60cm の位置に貼付した。ワイパー(動画 12・13)については、左右方向へそれぞれ 60cm の位置に貼付した。両台車旋回(動画 20)および両台車側屈&同時屈伸(動画 21)については、テープをそれぞれ 60cm の間隔に貼付した。

表 3. 体幹トレーニング A の内容

トレーニング A	1-2 週	3-5 週	6-10 週	試技映像
足部支点体幹屈伸	10 回 (膝立姿勢)	10 回 (膝立姿勢)	5 回 (立位姿勢)	動画 4
腕立姿勢体幹屈伸	8 回	10 回	10 回	動画 5
足部支点 V 字屈伸	10 回 (膝立姿勢)	10 回 (膝立姿勢)	6 回 (立位姿勢)	動画 6
腕立姿勢 V 字屈伸	8 回	10 回	10 回	動画 7
足部支点サークル	左右 6 回(膝立姿勢)	左右 8 回(膝立姿勢)	左右 3 回(立位姿勢)	動画 8
腕立姿勢サークル	左右 6 回	左右 8 回	左右 8 回	動画 9
足部支点サークルリバース	3 往復 (膝立姿勢)	3 往復 (膝立姿勢)	3 往復 (立位姿勢)	動画 10
腕立姿勢サークルリバース	3 往復	3 往復	4 往復	動画 11
足部支点ワイパー	2 往復	2 往復	1 往復	動画 12
腕立姿勢ワイパー	3 往復	3 往復	3 往復	動画 13
両台車足部支点体幹屈伸	3 回	3 回	3 回	動画 14
両台車腕立姿勢体幹屈伸	3 回	3 回	3 回	動画 15
両台車体幹屈伸	3 往復	3 往復	3 往復	動画 16
10 秒間体幹同時屈伸	できるだけ	できるだけ	できるだけ	動画 17

表 4. 体幹トレーニング B の内容

トレーニング B	1-6 週	7-10 週	試技映像
両台車前進	3 回(4m)	3 回(4m)	動画 18
両台車後進	3 回(4m)	3 回(4m)	動画 19
両台車旋回	1 回(360 度)	1 回(720 度)	動画 20
両台車側屈&同時屈伸	2 往復	3 往復	動画 21

4. 形態および体幹筋の筋厚測定

トレーニング介入前(Pre)の測定は、2015 年 11 月 17 日と 18 日に実施し、トレーニング介入後(Post)の測定は、2016 年 2 月 26 日、29 日および 3 月 1 日に実施した。

身長は、身長計(デジタル身長計, ムラテック KDS, Japan)を用いて、0.1 cm 単位で計測した。体重および体脂肪率は、体組成計(DC-320, タニタ, Japan)を用いて、0.1 kg および 0.1% 単位で計測した。

筋力は、筋横断面積と相関が高く、筋横断面積の一次元の量である筋厚は、筋横断面積と相関関係をもつため、筋厚は筋力を推定する有用な指標となると考えられること、筋厚は超音波法により容易に計測が可能であること(村木ほか, 2009)から、本研究ではトレーニング前後の評価を筋厚で行った。

体幹筋群の筋厚は、リニア走査方式による B モード超音波画像撮像装置(ProSound Alpha6, 日立アロカメディカル, Japan)を用いて計測した。リニア探触子は、超音波発振周波数 7.27 MHz であった。被検筋は、図 4 に示す腹直筋、側腹部筋厚(外腹斜筋、内腹斜筋、腹横筋)とした。腹直筋は、臍点横 3cm の位置の第 2 腱画下(腹直筋①)、第 3 腱画下(腹直筋②)および第 4 腱画下(腹直筋③)の 3 か所

を測定した。側腹部の筋厚は、腸骨稜直上の外腹斜筋、内腹斜筋、腹横筋(Kanehisa et al.2004; Linek et al.2016)とした。超音波の伝導性を高めるために、超音波用ゼリーを探触子に塗布し、筋形状が変化しないように探触子を被検者の皮膚に軽く当てて筋厚を撮像した。被検者は、安静立位姿勢であった。側腹部の筋厚測定時には、被検者の呼吸による筋厚変化の影響を少なくするため、呼気後に息を止めさせてから筋厚を撮像した。腹直筋の筋厚は、皮下脂肪組織と筋組織の境界面から筋組織と内蔵組織の境界面を示す反射波までとした。すべての分析は、ImageJ(Ver. 1.47, NIH, USA)を用いて解析した。

筋厚の測定は、超音波法での筋厚の測定に習熟した1名の検者が行った。その検者の超音波法による筋厚測定の再現性を明らかにするために、6名の男性を対象に上述した部位の筋厚の測定を、隔日に2回実施した。その結果、各筋における1回目と2回目の筋厚の値に有意な差は認められなかった。各筋における級内相関係数は0.87~0.98であった。また、1回目と2回目の筋厚値の差の絶対値は $0.8 \pm 0.2 \text{ mm}$ で、変動係数は $5.3 \pm 4.4\%$ であった。

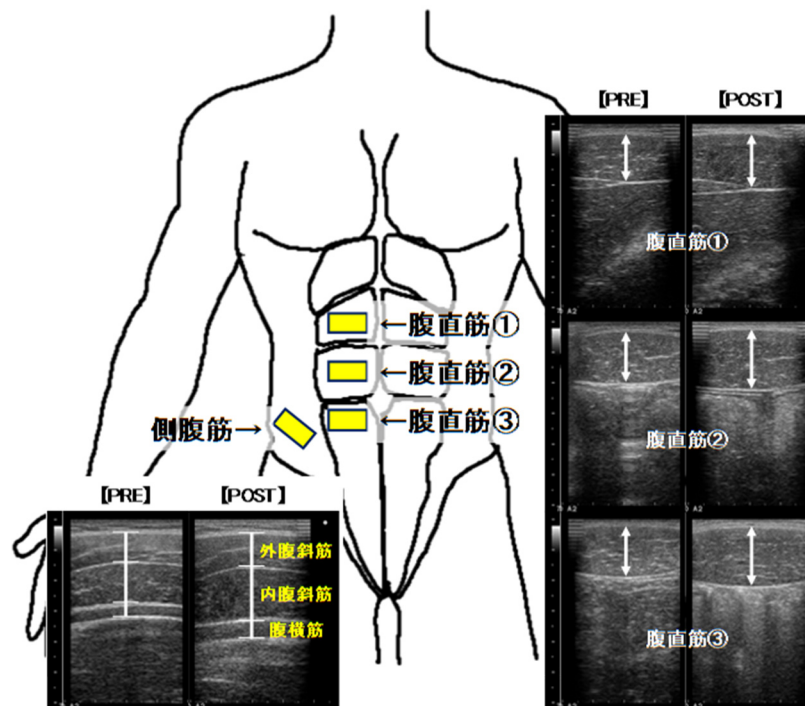


図 4. 被検筋および測定位置

5. 統計処理

分析にはオープンソースの統計解析環境である R.3.3.1(R Core Team, 2016)を使用し、t 検定には stats パッケージ(version3.3.1)、分散分析には ANOVA 君(anovakun version 4.8.0)を使用した。ANOVA 君は、井関 龍太氏が作成した、R 上で分散分析を行う関数である(武藤, 2016)。詳細は <http://riseki.php.xdomain.jp/index.php?ANOVA%E5%90%9B> に掲載されている(2016年11月17日)。測定時期、測定部位を要因とした二要因被験者内計画の分散分析では、主効果、交互作用の検定を行い、交互作用の有意性が認められた場合には単純主効果の検定を行った。多重比較には Shaffer

の方法(Shaffer, 1986; Holland and Copenhaver, 1987)を用いた。その後、トレーニング前後における筋厚の変化率を測定部位間で比較するために、対応のない一要因分散分析を行った。統計的有意水準は 5%未満とした。

III. 結果

表 5 に対象者の身長・体重・体脂肪率の結果を示した。トレーニング前後における対応のある t 検定の結果、身長および体重は有意差が認められなかった。体脂肪率はトレーニング後に有意な増大を示した。

表 5. 対象者の身体特性

	Pre	Post	有意差
身長(cm)	174.3±4.4	174.4±4.2	N.S.
体重(kg)	67.7±4.5	68.5±4.5	N.S.
体脂肪率(%)	11.0±2.1	11.9±1.8	Pre<Post P<0.05

表 6 および図 5 にトレーニング前後における各筋の筋厚を示した。二要因被験者内計画の分散分析を行った結果、測定時期および測定部位において主効果が認められ、測定時期と測定部位において交互作用が認められた(表 7)。さらに単純主効果検定の結果、全ての測定部位において測定時の単純主効果が有意であった(表 8)。

表 9 に測定部位の変化率を示した。変化率は、 $(\text{Post} - \text{Pre}) / \text{Pre} \times 100$ を用いて算出した。一要因分散分析の結果、F 値(3.07)が有意($p < 0.05$)であったため、Bonferroni の多重比較を行った。それにより、腹直筋①および内腹斜筋に比べて腹横筋が有意に高い値であり、その他では有意差は認められなかった。

図 6(対象者 D)に示すように、約 3 ヶ月間の平台車を用いたトレーニングによって体幹部は視覚的にも明らかに変化した。具体的には、腹直筋の筋腹が厚くなり、腹直筋間の境目が明確になった。

表 6. トレーニング前後の筋厚の変化

測定部位 (mm)	Pre							Post						
	N	M	SD	95%CI Lower	95%CI Upper	Min	Max	N	M	SD	95%CI Lower	95%CI Upper	Min	Max
腹直筋①	14	17.6	2.9	15.9	19.2	12.9	23.1	14	19.6	3.0	17.9	21.4	14.4	24.2
腹直筋②		18.8	2.4	17.5	20.2	14.4	22.6		21.9	2.6	20.4	23.4	16.6	25.3
腹直筋③		18.9	2.4	17.5	20.3	15.3	23.2		22.1	2.1	20.9	23.3	18.5	25.8
外腹斜筋		9.4	1.4	8.6	10.2	6.7	12.3		10.8	1.8	9.8	11.9	7.8	14.3
内腹斜筋		17.3	4.1	14.9	19.6	11.5	23.5		18.7	3.6	16.6	20.8	12.9	25.4
腹横筋		4.6	1.3	3.8	5.3	2.6	6.5		5.9	1.6	5.0	6.8	3.6	8.4

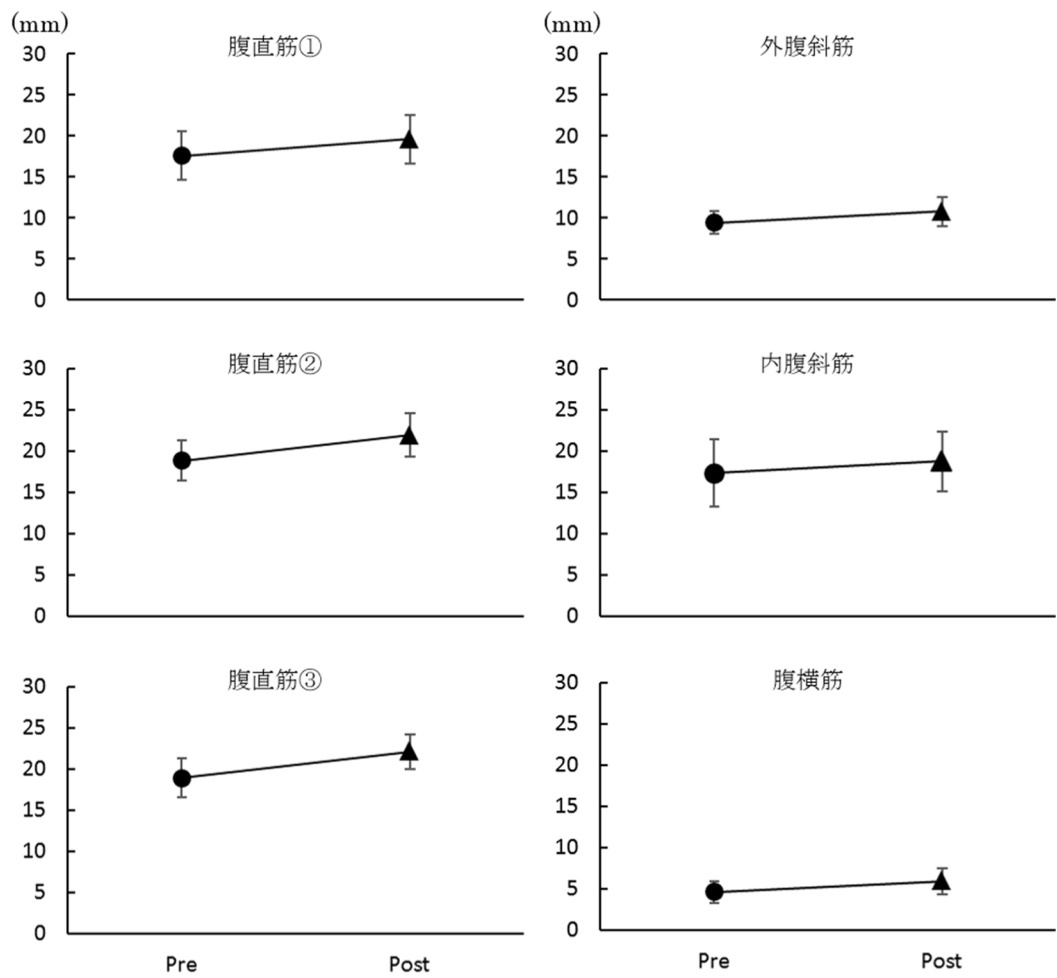


図 5. トレーニングの効果

表 7. 主効果検定の結果

	df	F値	η_p^2	有意差
測定時期	1, 13	117.23	0.90	$p<0.001$
測定部位	5, 65	144.80	0.92	$p<0.001$
交互作用	5, 65	4.91	0.27	$p<0.001$

表 8. 単純効果検定の結果

	df	F値	η_p^2	有意差
腹直筋①	1, 13	34.70	0.73	$p<0.001$
腹直筋②	1, 13	76.75	0.86	$p<0.001$
腹直筋③	1, 13	87.50	0.87	$p<0.001$
外腹斜筋	1, 13	17.88	0.58	$p<0.001$
内腹斜筋	1, 13	6.63	0.34	$p<0.05$
腹横筋	1, 13	15.44	0.54	$p<0.01$
Pre	5, 65	117.05	0.90	$p<0.001$
Post	5, 65	141.40	0.92	$p<0.001$

表 9. トレーニング前後の変化率

(%)	腹直筋①	腹直筋②	腹直筋③	外腹斜筋	内腹斜筋	腹横筋
<i>M</i>	12.3	16.3	17.2	15.9	10.4	35.2
<i>SD</i>	6.9	6.9	7.8	14.9	14.6	39.6
.....						
腹直筋①=内腹斜筋<腹横筋 p<0.05						

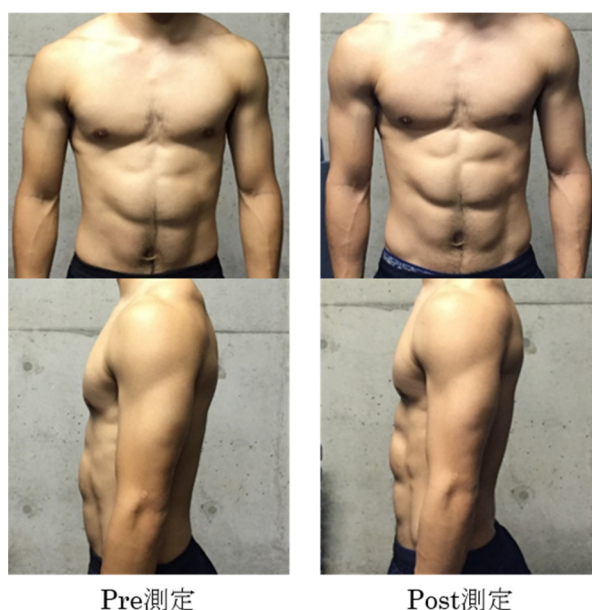


図 6. トレーニング前後の形態変化(対象者 D)

IV. 考察

陸上競技のスピード・パワー系種目において、12月から2月の期間は室内試合への参加を除いて、一般的に試合のないオフシーズンである。本研究に参加した競技者は、室内試合へは参加せず、全ての者がオフシーズンであった。トレーニングのピリオダイゼーション(ボンパ, 2006)によると、陸上競技などスピード・パワー系競技の年間プランでは、12月から2月は準備期にあたり、準備期および試合期の初期の間は、強度はその競技の特性に応じた低いレベルにし、トレーニングの量に重きをおく。この期間はトレーニング量が主となり、トレーニングの強度や質が強調される試合期とは逆とされ、トレーニングの量や強度を管理しやすいこの準備期に体幹トレーニングを実施した。また、上述の通りトレーニング期間中は、本研究で行った体幹トレーニング以外で体幹筋群を鍛えるトレーニングは行わなかった。したがって、体幹トレーニング実施期間中は、週に1回の技術練習を除いた全てのトレーニング内容を統一できた(表2)。本研究の対象者は、シーズン中の体重を各自で管理している。表5の通り、トレーニング後(2月下旬)は体脂肪率のみ有意差が認められたが筋厚へ与える影響は小さいと考えられる。体脂肪率の増加は、体幹トレーニングを実施した期間がオフシーズンであることからシーズン中のような体重管理がなされていなかったことが主な要因と考えられる。

近年、体幹部のトレーニングに着目した書籍が出版されており、体幹の注目の高さが伺える。しかし、これらの書籍においては、トレーニングの種目や実施上の注意点は詳細に報告されているが、エクサ

サイズやトレーニングを実施した後に体幹筋群がどのように変化したのかデータとして提示されていない。そこで、筆者は考案した平台車を用いた体幹トレーニングを約3ヶ月間実施し、トレーニング前後で体幹筋群の筋厚にどのような影響を及ぼすのか検証した。トレーニング前後において、腹直筋(①～③)、外腹斜筋、内腹斜筋、腹横筋の全ての部位で筋厚の有意な増大が認められた(図5、表6・8)。石田ほか(1992)は、1986年アジア大会および1988年ソウルオリンピック日本代表選手男子82名・女子65名を対象に、超音波法により体幹部も含めた身体各部位の筋の厚みを測定し、それらにみられる性差について検討している。腹部の筋厚は腹直筋を対象筋とし、測定位置はへそ右横4cmで、男性競技者の平均値は20mmにわずかに達していなかった。また、久保ほか(2006)によると、男子レスリングにおけるトップシニア及びジュニア選手の腹直筋の筋厚は、シニア選手で $20.7 \pm 2\text{mm}$ 、ジュニア選手で $19.1 \pm 2\text{mm}$ と報告されている。これらの報告における腹直筋の測定位置は本研究の腹直筋③と同じである。本研究におけるトレーニング前の腹直筋③は $18.9 \pm 2.4\text{mm}$ であり、1986年アジア大会および1988年ソウルオリンピック日本代表選手、男子レスリングのジュニア選手とはほぼ同等の値であった。一方、トレーニング後の腹直筋③は $22.1 \pm 2.1\text{mm}$ であり、日本代表選手および男子レスリングのジュニア・シニア選手をはるかに上回る値であった。

伊藤(1988)によると、ヒト側腹筋の筋繊維構成について検討し、筋層の厚さは内腹斜筋が最も厚く、以下外腹斜筋、腹横筋の順であったことを報告している。本研究においても、トレーニング前後で筋厚は内腹斜筋、外腹斜筋、腹横筋の順に有意に厚く(図5)、伊藤の報告を支持する結果であった。次に、トレーニングによる各部位の変化率を検証したところ、腹直筋①および内腹斜筋に比べて腹横筋が有意に高い値を示した(表9)。これについて、体幹トレーニングの内容は、体幹の屈曲・伸展動作および側屈動作を含むものであった。腹直筋は、腰椎を屈曲および側屈させる筋である。外腹斜筋と内腹斜筋は、腰椎を屈曲および側屈、回旋させる筋である(トンプソン・フロイド, 2002)。一方、腹横筋は腹部筋の中でも体幹深部筋として脊椎の分節的な支持やコントロールにおいて重要である(森ほか, 2010)。つまり、トレーニングBに含まれる両台車旋回や両台車側屈&同時屈伸といった種目において、実施中はスタビライゼーションのプローン姿勢と類似しており、この姿勢を保持することが脊柱の安定性を要求し、それによって腹横筋が使われた結果、変化率が高値になったと考えられる。

平台車を用いた体幹トレーニングは、表3・4で示す種目で構成した。これらの種目で実施姿勢や条件を変化させるような発展版も十分考えられる。例えば、両台車では手足それぞれに1つずつ平台車を用いるが、左右の手にそれぞれ1つずつ用いる方法などである。また、平台車を用いることなく表3・4で示す種目と同じような動作を実施する方法として、滑りやすい素材の床面で乾いた雑巾を用いれば、両台車を用いる種目以外は実施することが可能と考えられる。このような発展版が今後提案および検討されることでより効果的なトレーニングが確立されるだろう。

以上のことから、筆者が考案した平台車を用いた体幹トレーニングは、体幹筋群の筋厚を増大させるトレーニングとして有効な手段の一つであると示唆された。

V. 本研究の限界

本研究は、約3ヶ月間のトレーニング実施後に体幹筋群の筋厚が有意に増大した。しかし、この筋厚の増大が実際の競技パフォーマンスにどのような影響を及ぼしたのかは検討していないため、今後

は競技パフォーマンスと体幹筋群の筋厚について検討する必要があるだろう。そして、本研究の対象者は陸上競技の跳躍種目や混成種目を専門とする競技者に対して効果が得られたが、陸上競技の跳躍・混成競技以外を専門とする種目の競技者に対しても、本研究と同じ効果が得られるのか、あるいは競技者ではない人に対しても本研究と同じ負荷設定で実施可能かどうかを検討する必要があるだろう。さらに、実施した各種目(表 3・4)がどの筋群に対して効果的なのか筋電図を用いた検討により負荷特性を明らかにすることも必要であろう。また、市販されている器具(腹筋ローラー)との比較、一般的な腹筋トレーニング(シット・アップ、レッグ・レイズ、クランチ等)やスタビライゼーションとの比較を行うことでどのような違いがみられるのかも検討する必要があるだろう。

VI. 参考文献

- ・ 橋本輝, 前大純朗, 山本正嘉(2011) 一過性の体幹スタビライゼーションエクササイズが垂直跳び, ドロップジャンプ, リバウンドジャンプのパフォーマンスに及ぼす影響. スポーツパフォーマンス研究, 3, 71-80, 2011.
- ・ Holland, B. S., and Copenhaver, M. D. (1987) An improved sequentially rejective Bonferroni test procedure. *Biometrics*, 43: 417-423.
- ・ 石田良恵, 金久博昭, 福永哲夫(1992) 日本人一流競技選手の筋厚における性差. *体力科学*, 41, 233-240.
- ・ 伊藤純治(1988) ヒト側腹筋の筋繊維構成について. *昭和医学会雑誌*, 48(4), 471-483.
- ・ Kanehisa H, Miyatani M, Azuma K, Kuno S, Fukunaga T(2004) Influences of age and sex on abdominal muscle and subcutaneous fat thickness. *Eur J Appl Physiol*.2004 May;91(5-6):534-7. Epub 2004 Jan 21.
- ・ 小林敬和, 山本利春(2009) 新装版競技力アップのスタビライゼーション, ベースボール・マガジン社.
- ・ 久保潤二郎, 中嶋佳子, 大石益代, 嘉戸 洋, 久木留 毅, 佐藤 満(2006) 男子レスリングにおけるトップシニア及びジュニア選手の腹直筋筋厚と腹筋テストの比較. *トレーニング科学*, 18(3), 251-256.
- ・ Linek P, Saulicz E, Kuszewski M, Wolny T(2016) Ultrasound Assessment of the abdominal Muscles at Rest and During the ASLR Test Among Adolescents With Scoliosis. *Clin Spine Surg*. 2016 Jun 3. [Epub ahead of print].
- ・ 宮下 智, 和田良広, 鈴木正則(2012) 効果的な体幹筋トレーニング方法の検討 -異なる運動における腹横筋と内腹斜筋の収縮厚から-. *日本橋学館大学紀要*, 第 11 号, 41-51.
- ・ 宮下 智, 和田良広, 鈴木正則(2013) Local muscles を活性化させる振動刺激方法の検討. *日本橋学館大学紀要*, 第 12 号, 33-41.
- ・ 森奈津子, 池添冬芽, 市橋則明(2010) 体幹筋トレーニングにおける腹横筋の筋厚の変化 上・中・下部線維の違い. 第 45 回日本理学療法学術大会抄録集.
- ・ 本橋恵美 (2009) スポーツに効く! 体幹トレーニング, 初版, 東京印書館, pp58-84.
- ・ 村木里志, 福田 修, 福元清剛(2009) 筋の厚さ(量)と硬さ(質)から筋力を推定する方法の開発. 第 24 回健康医科学研究助成論文集, 126-133.
- ・ 武藤世良(2016)現代日本人における尊敬関連感情の階層的意味構造. *心理学研究*, 87(1): 95-101.

- ・長友佑都 (2014) 長友佑都 体幹トレーニング 20, 初版, KK ベストセラーズ.
- ・長友佑都 (2015) 長友佑都 体幹×チューブトレーニング, 初版, KK ベストセラーズ.
- ・中村宏之(2011) 日本人が五輪 100m の決勝に立つ日, 日文新書.
- ・岡田隆(2011) 体幹トレーニング・メソッド コア本当の鍛え方, ベースボール・マガジン社.
- ・R Core Team (2016) R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL <https://www.R-project.org/>. (参照日: 2016/11/17)
- ・Shaffer, J. P. (1986). Modified sequentially rejective multiple test procedures. Journal of American Statistical Association, **81**: 826-831.
- ・島野敬四郎, 内田智子, 安藤佳代子, 高山伸也, 須田憲司, 湯浅景元(1997) 女性投てき選手の筋厚と筋力. 中京大学体育学論叢, 39-1, 107-112.
- ・トンプソン、フロイド:中村千秋、竹内真希訳(2002) 身体運動の機能解剖 改訂版, 医道の日本社, pp218-221.
- ・テューダ・ボンパ:尾縣貢・青山清英監訳(2006) 競技力向上のトレーニング戦略, 初版, 大修館書店, pp142-151.