

体幹トレーニングがアジリティに関わる 側方への方向転換能力に及ぼす影響 －体幹傾斜変位量と接地時間との関係に着目して－

田村慎太郎*・丹 信介

The Effects of Trunk Muscle Strength Training on Agility with Change of Direction Using Side-step Cutting

- With a Focus on the Relationship between Performance, Ground Contact Time and Trunk Movement during Side-step Sprinting with a Change of Direction Using Side-step Cutting -

TAMURA Shintaro*, TAN Nobusuke

(Received September 27, 2019)

I. 緒言

テニスは、時々刻々変化する状況に対して目的に応じたショットを打ち、ポイントを重ねていく競技である。テニスのジュニア選手の場合、ハイパワーの発揮、スプリントとアジリティ能力（敏捷性）が重要な体力要素であると報告されている（小屋ら、2011）。

テニスで重要な体力要素の一つであるアジリティ（敏捷性）能力については、これまで多くの研究がなされてきた。NSCA（National Strength and Conditioning Association）では、アジリティ能力を「運動速度、運動様式を爆発的に変化させるためのスキル能力」としており、また、刺激に対する反応の観点も盛り込み「アジリティとは、素早い刺激に対する反応や素早い方向転換を行う全身運動能力」としているものもある。さらに、アジリティは認知判断因子と方向転換速度の2つに大別することができ、これら2つの能力を向上させることがアジリティ能力を高めることにつながるという考え方がある（勝原、2013）。

方向転換については接地時から膝関節最大屈曲時までのimpact absorption phaseと膝関節最大屈曲時から離地時までのpropulsion phaseに分けることができ、優れた方向転換能力には方向転換時の接地時間が影響していることが報告されている（笹木ら、2008）。また、後方への方向転換の場合、接地時間はimpact absorption phaseにおける体幹傾斜変位量との間に有意な正の相関がみられることが報告されている（小川ら、2018、笹

木ら、2008）。さらに、方向転換走タイムと接地時間との間にも有意な正の相関があることが報告されている（Sasaki et al., 2011、塩川ら、1998）。したがって、方向転換速度には接地時間の大小が影響し、接地時間の大小には体幹傾斜変位量の多少が関係していると考えられる。

接地時間に影響を及ぼすと考えられる体幹傾斜変位量には体幹部の安定性が重要であり、体幹部を安定させるためには体幹部の筋の働きが重要であるとされている（大久保ら、2009）。体幹部の筋は機能的な側面からグローバル筋、ローカル筋に分けられる。特にローカル筋である腹横筋、内腹斜筋、多裂筋などは体幹深部に位置し、腰椎の分節的安定性を制御している（大久保ら、2009）、すなわち、体幹の安定性に関与している。体幹部を安定させるために必要な筋である腹横筋および多裂筋の筋厚は、方向転換の角度が大きい方向転換能力（方向転換走タイムを直線走タイムで除した値）および後方への方向転換能力（方向転換走タイムを直線走タイムで除した値）にそれぞれ関係があることが報告されている（竹井、2012）。したがって、体幹部の安定性を制御する腹横筋や多裂筋は方向転換時の体幹傾斜変位量に影響を及ぼし、それが接地時間については方向転換能力に影響を及ぼしていることが推察される。しかし、体幹部のローカル筋である腹横筋、多裂筋などの機能が、体幹傾斜変位量や接地時間、さらには方向転換能力にどのような影響を及ぼすのか、また、実際にこれら体幹のローカル筋の筋機能をトレーニングにより高めることで、

* 東広島市立黒瀬中学校

体幹傾斜変位量の減少や接地時間の短縮が起こり、方向転換能力（速度）が高まるか否かは明らかでない。

そこで、本研究ではテニスを日常的に行っている男子大学生を対象に筋力トレーニングにより体幹部の安定性に関わる筋機能を強化することで、方向転換走における方向転換時の体幹傾斜変位量や接地時間にどのような影響がでるのか、また、その時の方向転換能力（速度）にどのような影響がでるのかを明らかにすることを目的とした。

II. 方法

1. 被験者

被験者はY大学テニス部、ソフトテニス部に所属する健康な男子大学生15名（年齢 19.4 ± 1.2 歳、身長 172.3 ± 4.3 cm、体重 64.3 ± 5.2 kg）であった。実験を行うにあたり、被験者全員に実験の目的や内容、その手順について十分に伝え、途中で辞退することができることを説明した上で被験者の同意を得て、実験に臨んでもらった。また、本研究は国立大学法人山口大学における人を対象とする一般的な研究に関する審査委員会の承認を受け実施した（承認番号2018-073-1）。

2. 実験概要

体幹の筋力トレーニングを始める前と4週間のトレーニングを終了した後に、両群にテニスに用いられる動きを想定した方向転換走（サイドステップによる方向転換走）を行わせ、その時の方向転換走の様子を、前額面からビデオカメラ（EX-F1、CASIO社）を用いて1/300秒コマで撮影した。そして、その映像をもとに動作解析システムを用いて方向転換走タイム、方向転換時の接地時間、およびその時の体幹傾斜変位量について測定した。また、各種スプリント走のタイム、片足でのドロップジャンプ跳躍高、体幹安定性に関わる筋機能の指標とした負荷重量についても測定した。トレーニング前の測定結果をもとに、各測定値がグループ間で可能なかぎり差がないように体幹トレーニングを行うトレーニング群8名（年齢 19.0 ± 1.2 歳、身長 173.1 ± 4.2 cm、体重 63.8 ± 5.4 kg）とトレーニングを行わない対照群7名（年齢 19.9 ± 1.1 歳、身長 171.3 ± 4.4 cm、体重 64.9 ± 5.2 ）に分けた。そして、トレーニング前後の測定結果を両群で比較することにより、体幹の筋力トレーニングが方向転換走における方向転換時の体幹傾斜変位量や接地時間に及ぼす影響、またその時の方向転換能力（速度）に及ぼす影響を検討した。

3. 方向転換走

4 mのサイドステップ後、切り返して4 mのスタート

地点にサイドステップで戻る方向転換走を左右それぞれ5回ずつ行った。左方向へスタートする方向転換走では左脚、右方向へスタートする方向転換走では右脚で方向転換して試技を行うようにした（それぞれ方向転換走（左）および（右））。試技を行う際は、常に目線や胸が正面をむくように努め、全力で行うよう指示した。テニスにおけるストロークの際の移動の80%は、その距離が2.5~4.5mであるとされているので（Kovacs, 2009）、今回の実験では切り返しまでの距離が4 mの方向転換走とした。

4. 測定項目および測定方法

以下に示す1)~6)の測定項目について測定を行った。そのうち、方向転換走における測定項目である1)~3)については、5回の方向転換走の試技の内、一番速いタイムと一番遅いタイムの試技を除いた3回の試技について、撮影映像をもとに動作解析ソフトFrame-DIAS IV (DKH社)を用いて、二次元動作解析を行うことにより値を計測した。

1) 方向転換走タイム

方向転換走開始時から終了時までの時間を計測した。タイムは1/300秒まで測定した。

2) 接地時間

方向転換時、地面に足が接地し、再び足が地面から離れるまでの時間を計測した。接地時間は1/300秒まで測定した。

3) 体幹傾斜角度、体幹傾斜変位量

前額面から見た時に、両肩峰（マーカーを貼り付け）を結んだ線と地面とが成す角度を体幹傾斜角度とし、方向転換時のimpact absorption phaseにおけるその変化量を体幹傾斜変位量として計測した。

4) 各種スプリント走のタイム

直線8 mのスプリント走、左あるいは右方向へのサイドステップを用いた8 mの全力走（それぞれ直線スプリント走、サイドステップ全力走（左）および（右））のタイムを3人の計測者がストップウォッチを用いて計測し、その3人の計測値の平均値をタイムとして採用した。直線スプリント走、サイドステップ全力走（左）および（右）はそれぞれ3回ずつ行い、採用したタイムの中で一番速いタイムをそれぞれの種目の記録とした。

5) 片足でのドロップジャンプの高さ

片足でのドロップジャンプは方向転換パフォーマンスに影響を及ぼすとされている（Young et al., 2002）。そこで左右それぞれ片足で、腕や非支持足での反動を用いずにドロップジャンプを行い、その高さ（それぞれドロップジャンプ（左）および（右））を、サージャントジャンプ板（竹井機器）を用いて計測した。各足2回ず

つ行い、よい方の値を記録とした。ドロップジャンプは約15cmの高さから片足で降りて、そこから同じ足でできるだけ早くジャンプするものとした。

6) 体幹安定性に関わる筋機能

腹横筋の筋活動がみられるエルボトゥ、サイドブリッジ（大久保ら、2009）および多裂筋の筋活動がみられるバックブリッジ下肢拳上（大久保ら、2009）をテスト種目とし、各種目の肢位にて、図1に示す方法で重りを負荷していき、20秒間姿勢を維持できる最大の重さを体幹の筋機能の指標（それぞれエルボトゥ、サイドブリッジ（左）および（右）、バックブリッジ（左）および（右））として測定した。少なくとも、サイドブリッジにおいては、負荷なしに比べて、重りを用いた負荷を加えることにより、内腹斜筋や多裂筋の筋活動が高まることが示されている（木下ら、2009）。また、重りによる負荷を行うことにより、段階的な体幹筋機能評価が可能となったとの指摘もある（新谷ら、2019）。

エルボトゥを行う際は、両肘を曲げて地面に対して直角を保ち、足は肩幅程度に開いた状態で腕立て伏せと同様の姿勢を取らせ、背中にウエイトプレートに乗せて姿勢を維持させた（図1）。サイドブリッジ（右）を行う際は、右腕を直角に曲げ、両足は閉じた状態で、右腕と右足の2点で身体を指示させ、体の側面にベルトで固定するようにしてウエイトプレートをつるした状態で姿勢を維持させた（図1）。サイドブリッジ（左）は、逆の腕と足を用いてサイドブリッジ（右）と同様の方法で行った。バックブリッジ（右）を行う際は、背臥位で両足首が90度になるよう膝をたてた状態から背中を浮かせ、右足のつま先と膝を伸ばした状態（横から見たときに左足の大腿部と右足の大腿部が同じ高さとなる状態）にし、右足首にベルトで固定するようにしてウエイトプレートをつるした状態で姿勢を維持させた（図1）。その際、両手は軽く伸ばした状態で身体の横の床面に置き、背中が接地しないよう指示した。バックブリッジ（左）については左足を拳上してバックブリッジ（右）と同様の方法で行った。各種目の測定は疲労を考慮し、十分な休息を挟んだ後、行うようにした。

5. 体幹トレーニング

主に腹横筋の強化としてエルボトゥ、サイドブリッジを、主に多裂筋の強化としてバックブリッジ下肢拳上を、それぞれ行わせた。体幹安定性に関わる筋機能テストと同様、エルボトゥでは背中にウエイトプレートに乗せ、サイドブリッジでは体の側面にベルトで固定する方法でウエイトプレートをつるし、バックブリッジ下肢拳上では足首にベルトで固定する方法でウエイトプレートをつるし、それぞれ負荷をかけた。筋機能テストで計測した最大重量の70%の重さを負荷し、その状態で20秒間姿勢を維持することを1セットとし、それを繰り返し、20秒間姿勢を維持できなくなるまで行わせた。各セット間の休憩は1分間とした。トレーニングを継続する中で、維持できなくなるまでのセット数が10セットを超えた場合は、負荷する重りの重さを1～5kgあげて行わせた。

6. 統計処理

測定値はすべて平均値±標準偏差で示した。

トレーニング前の左方向へスタートする方向転換走タイム（左）、接地時間（左）、体幹傾斜変位量（左）、ドロップジャンプ跳躍高、各筋機能テストの測定値（負荷重量）および各スプリント走タイム、それぞれとの間の関係、ならびにトレーニング前の右方向へスタートする方向転換走タイム（右）、接地時間（右）、体幹傾斜変位量（右）、ドロップジャンプ跳躍高、各筋機能テストの測定値（負荷重量）および各スプリント走タイム、それぞれとの間の関係を明らかにするために、ピアソンの積率相関係数を算出し、相関係数の有意性の検定を行った。対照群とトレーニング群におけるトレーニング前の各測定値の比較は、両群の各測定値の分散に差があるか否かをF検定を用いて確認し、有意な差がなければ対応のないt検定（スチューデントのt検定）を用い、有意な差があればウェルチの方法を用いて行った。今回の実験では、トレーニング前の対照群とトレーニング群におけるドロップジャンプ跳躍高（左）で分散に有意な差が認められたため、ウェルチの方法を用いた。対照群、トレーニング群におけるトレーニング前後の各測定値の

エルボトゥ



サイドブリッジ



バックブリッジ下肢拳上



図1 体幹安定性に関わる筋機能の評価方法（左：エルボトゥ、中：サイドブリッジ、右：バックブリッジ）

差に関しては、まず、群（対照群／トレーニング群）×時間（介入前／介入後）の反復測定による2要因分散分析を行い、有意な交互作用が認められた場合は、対応のあるt検定を用いて、対照群、トレーニング群それぞれにおける介入（トレーニング）前後の各測定値の差を比較した。なお、統計学的有意水準は、いずれも5%未満とした。

Ⅲ. 結果

1. 方向転換走タイム、接地時間、体幹傾斜変位量、ドロップジャンプ跳躍高、各筋機能テストの測定値および各スプリント走タイムの関係

トレーニング前の左方向へスタートする方向転換走タイム（左）、接地時間（左）、体幹傾斜変位量（左）、ドロップジャンプ跳躍高、各筋機能テストの測定値（負荷重量）および各スプリント走タイム、それぞれとの間

の相関係数を表1に、トレーニング前の右方向へスタートする方向転換走タイム（右）、接地時間（右）、体幹傾斜変位量（右）、ドロップジャンプ跳躍高、各筋機能テストの測定値（負荷重量）および各スプリント走タイム、それぞれとの間の相関係数を表2に、それぞれ示した。

左方向へスタートする方向転換走では、方向転換走タイム（左）と接地時間（左）、方向転換走タイム（左）と直線スプリント走タイム、方向転換走タイム（左）とサイドステップ全力走タイム（右）、方向転換走タイム（左）とサイドステップ全力走タイム（左）、接地時間（左）と体幹傾斜変位量（左）、接地時間（左）と直線スプリント走タイム、接地時間（左）とサイドステップ全力走タイム（右）、接地時間（左）とサイドステップ全力走タイム（左）との間でそれぞれ有意な正の相関が認められた（表1）。また、右方向へスタートする方向

表1. 方向転換走タイム（左）、接地時間（左）、体幹傾斜変位量（左）、ドロップジャンプ跳躍高、各筋機能テストの測定値および各スプリント走タイムとの間の相関関係

	方向転換走タイム(左)(秒)	接地時間(左)(秒)	体幹傾斜変位量(左)(deg)
方向転換走タイム(左)(秒)	1.000		
接地時間(左)(秒)	0.566*	1.000	
体幹傾斜変位量A(左)(deg)	0.112	0.543*	1.000
ドロップジャンプ(右)(cm)	-0.426	-0.179	-0.139
ドロップジャンプ(左)(cm)	-0.427	-0.183	-0.146
エルボトウ(kg)	-0.293	0.046	0.027
サイドブリッジ(右)(kg)	-0.117	0.218	-0.012
サイドブリッジ(左)(kg)	-0.206	0.154	-0.049
バックブリッジ(右)(kg)	-0.145	-0.017	-0.062
バックブリッジ(左)(kg)	0.195	-0.084	-0.136
直線スプリント走(秒)	0.877*	0.812*	0.441
サイドステップ全力走(右)(秒)	0.799*	0.692*	0.293
サイドステップ全力走(左)(秒)	0.787*	0.523*	0.274

* p<0.05

表2. 方向転換走タイム（右）、接地時間（右）、体幹傾斜変位量（右）、ドロップジャンプ跳躍高、各筋機能テストの測定値および各スプリント走タイムとの間の相関関係

	方向転換走タイム(右)(秒)	接地時間(右)(秒)	体幹傾斜変位量(右)(deg)
方向転換走タイム(右)(秒)	1.000		
接地時間(右)(秒)	0.360	1.000	
体幹傾斜変位量(右)(deg)	-0.060	0.620*	1.000
ドロップジャンプ(右)(cm)	-0.488	-0.443	-0.118
ドロップジャンプ(左)(cm)	-0.484	-0.535*	-0.170
エルボトウ(kg)	-0.276	0.300	0.203
サイドブリッジ(右)(kg)	-0.300	0.132	0.220
サイドブリッジ(左)(kg)	-0.410	0.032	0.096
バックブリッジ(右)(kg)	-0.114	0.130	0.397
バックブリッジ(左)(kg)	0.275	0.155	0.332
直線スプリント走(秒)	0.822*	0.528*	0.095
サイドステップ全力走(右)(秒)	0.720*	0.384	0.032
サイドステップ全力走(左)(秒)	0.814*	0.244	-0.086

* p<0.05

転換走では、方向転換走タイム（右）と直線スプリント走タイム、方向転換走タイム（右）とサイドステップ全力走タイム（右）、方向転換走タイム（右）とサイドステップ全力走タイム（左）、接地時間（右）と体幹傾斜変位置（右）、接地時間（右）と直線スプリント走タイムとの間でそれぞれ有意な正の相関が認められた（表2）。また、接地時間（右）とドロップジャンプ跳躍高（左）との間にも有意な負の相関が認められた（表2）。しかし、これらの関係以外で有意な相関関係が認められるものはなかった。したがって、体幹傾斜変位置と各筋機能テストの測定値（負荷重量）の間には有意な相関関係は認められなかった。また、方向転換走タイム、あるいは接地時間と各筋機能テストの測定値（負荷重量）

との間にも有意な相関関係は認められなかった。

2. 対照群とトレーニング群におけるトレーニング前後の各測定値の変化

対照群とトレーニング群におけるトレーニング前後の方向転換走における各測定値（走タイム、接地時間および体幹傾斜変位置）の変化を図2に、それ以外の各筋機能テストの測定値（負荷重量）、各スプリント走タイムおよび片足でのドロップジャンプ跳躍高の変化を表3に示した。

対照群とトレーニング群の間でトレーニング前の各測定値に有意な差は認められなかった（図2および表3）。トレーニング前後の方向転換走における各測定値の比

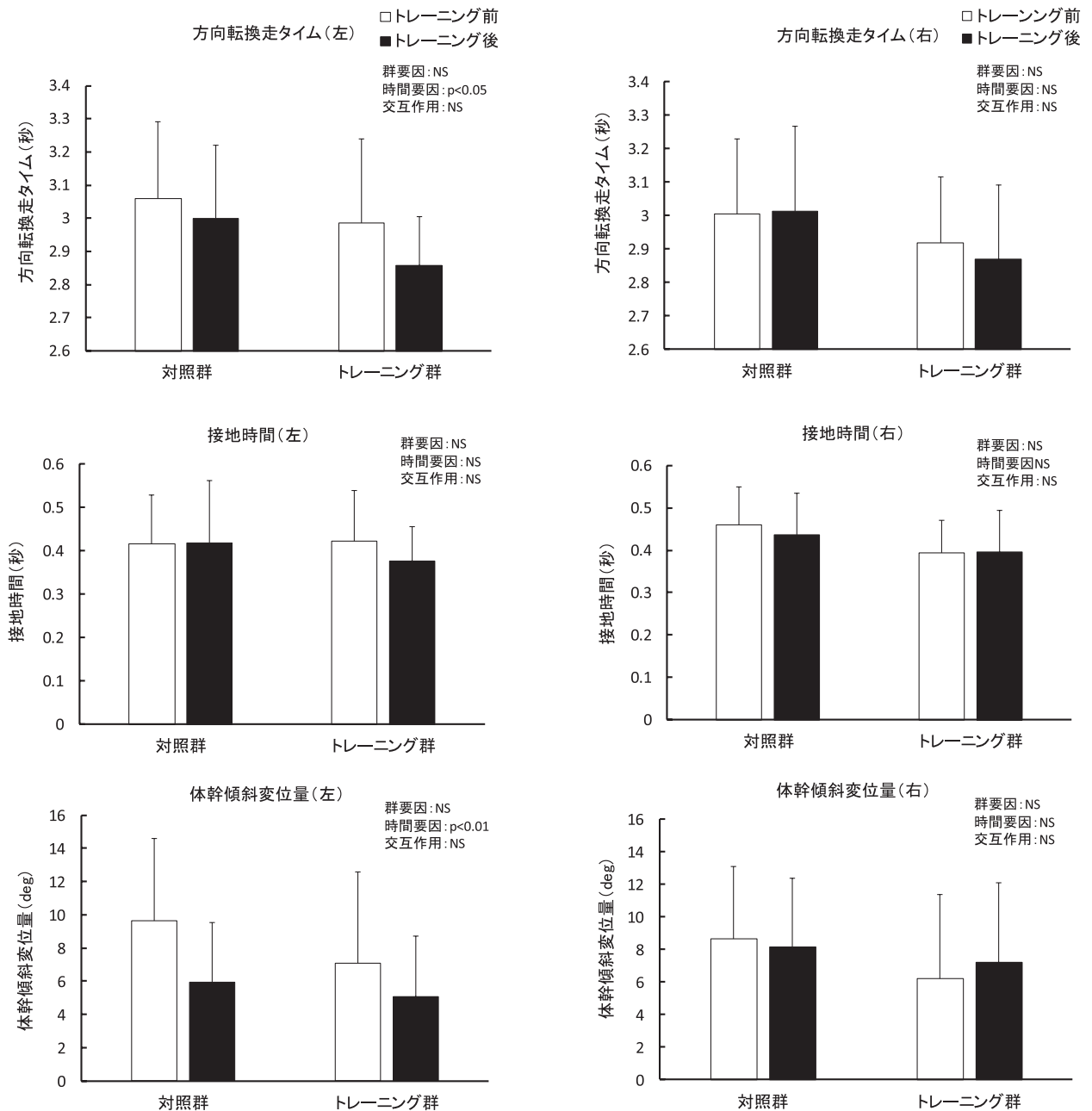


図2 対照群とトレーニング群におけるトレーニング前後の方向転換走における各測定値（走タイム、接地時間、体幹傾斜変位置）の変化

表3 対照群とトレーニング群におけるトレーニング前後の各筋機能テストの負荷重量、各スプリント走タイムおよび片足でのドロップジャンプ跳躍高の変化

	対照群		トレーニング群	
	トレーニング前	トレーニング後	トレーニング前	トレーニング後
エルボトウ(kg)	49.2±8.8	57.5±9.3	45.6±9.5	71.2±11.8 *
サイドブリッジ(右)(Kg)	23.2±5.5	25.3±5.8	20.9±5.6	31.2±6.9 *
サイドブリッジ(左)(Kg)	22.5±4.7	23.9±4.0	22.1±7.1	31.5±5.1 *
バックブリッジ(右)(Kg)	11.0±1.9	12.2±2.3	10.3±2.0	12.9±2.0
バックブリッジ(左)(Kg)	11.4±2.4	11.7±1.8	9.3±1.1	12.8±2.0 *
直線スプリント走(秒)	1.6±0.2	1.6±0.1	1.6±0.1	1.6±0.1
サイドステップ全力走(右)(秒)	2.1±0.1	2.1±0.1	2.1±0.1	2.1±0.1
サイドステップ全力走(左)(秒)	2.1±0.1	2.1±0.2	2.1±0.2	2.1±0.1
ドロップジャンプ(右)(cm)	23.8±2.5	22.5±3.9	26.2±4.6	26.2±6.0
ドロップジャンプ(左)(cm)	22.7±2.2	22.8±2.6	27.0±6.8	25.0±4.6

p<0.05 vs トレーニング前

較(図2)では、方向変換走タイム(左)および体幹傾斜変位量(左)において、時間要因に有意な主効果が認められたが、いずれも有意な交互作用は認められなかった。それ以外の方向変換走における各測定値については、各要因の主効果、交互作用ともに有意ではなかった。

エルボトウ、左右のサイドブリッジおよび左右のバックブリッジにおける測定値(負荷重量)は、いずれも時間要因に有意な主効果が認められた。また、右のバックブリッジでは有意な交互作用は認められなかったが、それ以外の種目では、すべて有意な交互作用が認められた。そこで、右のバックブリッジを除き、それ以外の種目について、トレーニング群、対照群別々にトレーニング前後の測定値(負荷重量)の差について検定した。その結果、トレーニング群のエルボトウ、左右のサイドブリッジおよび左のバックブリッジにおける測定値(負荷重量)は、トレーニング前に比べてトレーニング後に有意に(p<0.05)高値を示した(表3)。一方、対照群のエルボトウ、左右のサイドブリッジおよび左のバックブリッジの測定値(負荷重量)はトレーニング前後で有意な差は認められなかった(表3)。

各スプリント走タイムおよび片足でのドロップジャンプ跳躍高については、各要因の主効果、交互作用ともに有意ではなかった(表3)。

IV. 考察

1. 方向変換走タイム、接地時間、体幹傾斜変位量、ドロップジャンプ跳躍高、各筋機能テストの測定値および各スプリント走タイムの関係

方向変換走タイム、接地時間、体幹傾斜変位量、ドロップジャンプ跳躍高、各筋機能テストの測定値および各スプリント走タイムとの関係について検討した結果、左方向へスタートする方向変換走では、方向変換走タ

イム(左)と接地時間(左)との間に有意な(p<0.05)正の相関が認められ、接地時間(左)と体幹傾斜変位量(左)との間に有意な(p<0.05)正の相関が認められた(表1)。また、右方向へスタートする方向変換走時の接地時間(右)と体幹傾斜変位量(右)との間に有意な(p<0.05)正の相関が認められた(表2)。Sasaki et al. (2011)は、5 mダッシュして180度切り返して5 mダッシュする方向変換走のタイムと接地時間との間に有意な正の相関があると報告しており、塩川ら(1998)は、30mの直角走の方向変換走タイムと接地時間との間に有意な正の相関が認められることを報告している。また、小川ら(2018)や笹木ら(2008)は、後方の方向変換での接地時間と体幹傾斜変位量との間に有意な正の相関関係がみられると報告している。本研究では、側方へのサイドステップを用い、全力で4 m進み180度切り返して4 m全力で戻るという方向変換走を用いており、先行研究とは走様式や方向変換の方向が異なるが、方向変換走タイムと接地時間、接地時間と体幹傾斜変位量との間に有意な正の相関が認められたことから、これまでの先行研究と同様の結果を示したと考えられる。したがって、テニスの動きを想定して行ったサイドステップによる左右の方向変換走においても、方向変換時の接地時間の大小には体幹傾斜変位量の多少が関係していると考えられ、方向変換走のタイムの多少には接地時間の大小が影響している可能性があると考えられる。

また、方向変換走タイム(左)と直線スプリント走タイム、方向変換走タイム(左)とサイドステップ全力走タイム(右)、方向変換走タイム(左)とサイドステップ全力走タイム(左)、方向変換走タイム(右)と直線スプリント走タイム、方向変換走タイム(右)とサイドステップ全力走タイム(右)、方向変換走タイム(右)とサイドステップ全力走タイム(左)との間にそれぞれ

有意な ($p < 0.05$) 正の相関が認められた (表 1、2)。Young et al. (2002) は、方向転換速度には直線でのスプリント速度が影響することを報告している。したがって、本研究の結果は、Young et al. (2002) の結果を支持する。また、本研究は側方へのサイドステップでの片道 4 m の方向転換走であり、方向転換走の大部分はサイドステップを用いての移動である。したがって、左右のサイドステップを用いた全力走のタイムと方向転換走タイムとの間に有意な正の相関関係が認められたことは妥当な結果であると考えられる。

各体幹傾斜変位量と体幹部の安定性に関わる筋機能テストの測定値 (負荷重量) との間には有意な相関は認められなかった。また、方向転換走タイムと体幹部の安定性に関わる筋機能テストの測定値 (負荷重量)、接地時間と体幹部の安定性に関わる筋機能テストの測定値 (負荷重量) との間にも有意な相関は認められなかった。竹井 (2012) によると、体幹屈曲筋筋力は、鈍角走 (5 m 毎に左右に 5 回、135 度方向転換を行うジグザグ走) における方向転換能力 (方向転換走タイムを 30 m 走タイムで除した値) との間に負の相関が認められ、体幹伸展筋筋力は、鈍角走、直角後方走 (5 m 毎に左右に 5 回、90 度方向転換を行う後方走) における方向転換能力 (方向転換走タイムを 30 m 走タイムで除した値) との間に負の相関が認められると報告している。また、新谷ら (2019) も、フロントブリッジ (エルボトゥ)、サイドブリッジおよびバックブリッジを用いた各体幹筋機能評価得点と T テストを用いた方向転換走のタイムとの間に、それぞれ有意な負の相関が認められたことを報告している。したがって、これらの結果と本研究の結果とは一致しなかった。本研究ではエルボトゥ、サイドブリッジおよびバックブリッジ下肢拳上の各種目において重りを負荷していき、20 秒間姿勢を維持できる最大の重りの重さを体幹部の安定性に関わる筋機能の評価指標とした。この評価方法は、フロントブリッジ (エルボトゥ)、サイドブリッジおよびバックブリッジの各種目において、体重の 10% の重りを負荷し、各種目の姿勢を維持できる時間を基にして筋機能の評価得点を算出した新谷ら (2019) の評価方法とは類似しているが、竹井 (2012) の研究の評価方法とは異なる。したがって、筋機能についての評価方法の違いが異なる結果につながった一因かもしれない。また、本研究では、方向転換能力を評価する方向転換走としてサイドステップを用いた 180 度の方向転換を 1 回のみしか行っておらず、上述のとおり、竹井 (2012) が方向転換能力の評価に用いた方向転換走における方向転換角度や方法、方向転換の回数とは明らかに異なる。同様に、新谷 (2019) が用いた T テストにおいても、サイドステップを用いた 180

度の方向転換が含まれているが、その回数は 2 回であり、これに加えて、スプリント走から 90 度方向転換しサイドステップを行う動作やサイドステップから後方走により 90 度方向転換する動作が含まれている。さらに、この T テストを 3 回繰り返したタイムが評価に用いられていることから、新谷ら (2019) の研究と比較しても、用いた方向転換走における方向転換角度や方法、方向転換の回数が明らかに異なる。したがって、このような方向転換の回数や方向転換角度の違い、方向転換の方法が異なることが、異なる結果につながった可能性があると考えられる。

本研究では、仮説として体幹部の安定性に関わる筋機能は方向転換時の体幹傾斜変位量に影響を及ぼすことを想定したが、そのような結果とはならなかった。また、そのため、体幹部の安定性に関わる筋機能は、本研究で行った方向転換走における方向転換時の接地時間や走タイムにも影響を及ぼさなかったのではないかと考えられる。

2. 対照群とトレーニング群におけるトレーニング前後の各測定値の変化

4 週間 (合計 10 回) の体幹の筋力トレーニングを行ったトレーニング群では、筋機能テストとして行ったエルボトゥ、左右のサイドブリッジおよび左のバックブリッジいずれも、トレーニング前に比べてトレーニング後に筋機能の指標として測定した負荷重量が有意に ($p < 0.05$) 増加した (表 3)。一方、トレーニングを行っていない対照群では、エルボトゥ、左右のサイドブリッジおよび左のバックブリッジいずれも、測定した負荷重量に有意な差は認められなかった (表 3)。以上のことから、今回用いた方法により体幹の筋力トレーニングを行うことにより、体幹部の安定性に関わる筋機能に対する向上効果が認められたと考えられる。一方、トレーニング群、対照群ともに、方向転換時における体幹傾斜変位量、接地時間、方向転換走タイムについては、方向転換走タイム (左) および体幹傾斜変位量 (左) を除いて、トレーニング前後で有意な差は認められなかった (図 2)。また、方向転換走タイム (左) および体幹傾斜変位量 (左) についても時間要因に有意な主効果が認められたが、有意な交互作用は認められなかったことから (図 2)、体幹トレーニングによる効果ではないと考えられた。したがって、トレーニングにより体幹部の安定性に関わる筋機能を高めることで、方向転換時における体幹傾斜変位量が減少し、接地時間の短縮が起こり、方向転換能力 (速度) が高まるという仮説とは異なる結果となった。前述したように、各筋機能テストの測定値 (重量) と方向転換時の体幹傾斜変位量との間には

有意な相関が認められなかったことから、本研究の結果からは、筋力トレーニングをすることによって体幹部の安定性に関わる筋機能が向上しても、方向転換時における体幹傾斜変位量に対する影響は少なく、接地時間の短縮、また方向転換能力（速度）にも影響を及ぼすことはなかったと考えられる。

結果には示していないが、トレーニング群が実施した筋力トレーニングでの重りの増加はトレーニング開始2週目（トレーニング開始後4～6回目）から認められている。筋力トレーニングの筋力の増大効果において、トレーニング開始初期（1か月程度）では筋力の増加は比較的大きいが、筋横断面積の増加はほとんどみられないとされており、これは神経的な適応がまず初めに引き起こされるためであるとされている（内藤、2014）。本研究ではトレーニング期間が4週間（合計10回）であり、その効果は神経的な筋力の増加によるものが大きく、筋横断面積の増加による効果は比較的少なかったのではないかと考えられる。竹井（2012）によると、体幹部の安定性に関わる腹横筋、多裂筋の筋厚と45度の鋭角走（5m毎に左右に5回、45度方向転換を行うジグザグ走）や直角後方走（5m毎に左右に5回、90度方向転換を行う後方走）における方向転換能力（各方向転換走タイムを直線走タイムで除した値）との間に有意な負の相関があるとされている。本研究では、体幹部の安定性に関わる筋厚や筋量を測定していないが、前述のように、本研究の筋力トレーニングでは、神経的な筋力の増加によるものが大きく、筋横断面積の増加による効果は比較的少なかったのではないかと推察される。したがって、筋厚の増加を伴う筋力の増加が明らかに認められる場合には、体幹の安定性にも影響がでて、方向転換能力の向上にもつながるかもしれない。また、前述のとおり、竹井（2012）が用いた方向転換走では、方向転換の回数、方向転換角度や方法が本研究とは明らかに異なる。このような違いも、結果に影響を及ぼした可能性があるのではないかと考えられる。しかし、これらの点については明らかでなく、今後の検討課題である。

3. 研究の限界

本研究では、方法のところで述べたように、2次元動作解析を用いて体幹傾斜角度を測定している。そのため、前額面においても、体幹の回旋によって、測定した体幹傾斜角度に誤差が生じることが考えられる。しかし、本研究では、方向転換時の体幹回旋角度は測定していない。笹木ら（2008）は、2次元動作解析を用いて方向転換走時の体幹傾斜角度や体幹傾斜変位量の測定を行っており、その際、方向転換時に目線を定めることによって体幹の過度の回旋が起きないように配慮していた。そ

こで本研究でも、笹木ら（2008）と同様、方向転換時を含め、常に目線や胸が正面を向くように方向転換走を行うよう指示した。目線や胸が常に正面を向くことにより、身体が方向転換時に前額面に対して正対しやすくなり、体幹の回旋を防ぎことができると考えられる。2次元動作解析による前額面における体幹傾斜角度は、体幹の回旋角度を10度以下に抑えることができれば、真の体幹傾斜角度とほぼ同じ値となることが確認されている（小川ら、2018）。本研究において、前述の留意点を守らせることにより、impact absorption phase で体幹の回旋角度を10度以下に抑えることができたと考えられるが、この点は定かではない。したがって、今回の体幹傾斜変位量の測定には、体幹の回旋による体幹傾斜角度の誤差の影響が含まれていた可能性があることを考慮しておく必要がある。

利き脚の違いも、本研究の結果に影響を及ぼしていた可能性が考えられるが、本研究では、被験者の利き脚については確認していない。しかし、本研究では、方向転換走タイムと接地時間との間で、左方向へスタートした場合にのみ有意な正の相関関係が認められたが、接地時間と体幹傾斜変位量との間には、左右いずれの方向転換時においても有意な正の相関関係が認められた。そのため、本研究においては、利き脚の違いによる影響は少なかったのではないかと考えられる。

上述の研究の限界を考慮する必要があるが、以上のことから、テニスの動きを想定して行ったサイドステップによる左右の方向転換走において、方向転換時の接地時間の大小には体幹傾斜変位量の多少が関係していると考えられ、方向転換走のタイムの多少には接地時間の大小が影響している可能性があると考えられる。しかし、体幹部の安定性に関わる筋機能は方向転換時の体幹傾斜変位量に影響を及ぼすという関係は認められず、筋力トレーニングによって体幹部の安定性に関わる筋機能が向上するという効果が認められても、そのことが体幹傾斜変位量の減少につながるという効果には結びつかなかった。したがって、体幹部の安定性に関わる筋機能が向上しても、方向転換時に接地時間の短縮が起り、方向転換能力（速度）が高まるという効果にもつながらなかったと考えられる。

V. 要約

本研究では、体幹部の安定性に関わる筋機能が、側方へのサイドステップによる方向転換走における方向転換時の体幹傾斜変位量や接地時間、さらには方向転換能力にどのような影響を及ぼすのか、また、体幹の筋力トレーニングにより体幹部の安定性に関わる筋機能を強化

することで、側方へのサイドステップによる方向転換走における方向転換時の体幹傾斜変位量や接地時間、方向転換能力（速度）にどのような影響が及ぶのかを検討した。

得られた主な結果は以下のとおりである。

1. トレーニング前の左の方向転換走では、方向転換走タイムと接地時間との間に有意な ($p < 0.05$) 正の相関が認められ、方向転換走時の接地時間（左）と体幹傾斜変位量（左）との間に有意な ($p < 0.05$) 正の相関が認められた。また、トレーニング前の右の方向転換走時の接地時間（右）と体幹傾斜変位量（右）との間に有意な ($p < 0.05$) 正の相関が認められた。各体幹傾斜変位量と筋機能テストの評価指標であるエルボトゥ、サイドブリッジおよびバックブリッジ下肢拳上の負荷重量との間には有意な相関は認められなかった。また、方向転換走タイムと各筋機能テストの負荷重量、接地時間と各筋機能テストの負荷重量との間にも有意な相関は認められなかった。
2. 体幹の筋力トレーニング群では、トレーニング前に比べてトレーニング後に体幹部の安定性に関わる筋機能の評価指標であるエルボトゥ、左右のサイドブリッジおよび左のバックブリッジ下肢拳上の負荷重量に有意な ($p < 0.05$) 増加が認められた。一方、対照群ではトレーニング前後で、エルボトゥ、左右のサイドブリッジおよび左のバックブリッジ下肢拳上の負荷重量に有意な差は認められなかった。
3. 体幹の筋力トレーニング群、対照群ともに、左の方向転換走タイムおよび体幹傾斜変位量にトレーニング前後で有意な ($p < 0.05$) 差が認められたが、有意な交互作用は認められなかった。また、左の方向転換時の接地時間、右の方向転換走の走タイム、方向転換時の接地時間および体幹傾斜変位量については、体幹の筋力トレーニング群、対照群のいずれも、それぞれトレーニング前後で有意な差は認められず、交互作用も有意ではなかった。

以上のことから、テニスの動きを想定して行ったサイドステップによる左右の方向転換走において、方向転換時の接地時間の大小には体幹傾斜変位量の多少が関係していると考えられ、方向転換走のタイムの多少には接地時間の大小が影響している可能性があると考えられる。しかし、体幹部の安定性に関わる筋機能は方向転換時の体幹傾斜変位量に影響を及ぼすという関係は認められず、筋力トレーニングによって体幹部の安定性に関わる筋機能が向上するという効果が認められても、そのことが体幹傾斜変位量の減少につながるという効果には結びつかなかった。したがって、体幹部の安定性に関わる筋

機能が向上しても、方向転換時に接地時間の短縮が起これ、方向転換能力（速度）が高まるという効果にもつながらなかったと考えられる。

VI. 謝辞

本稿に対してご助言いただいた青木健准教授に感謝いたします。また、本研究の被験者を引き受けていただいたY大学テニス部、ソフトテニス部の選手の皆様に心より感謝申し上げます。

VII. 参考文献

- 勝原竜太 (2013) アジリティ (敏捷性) 向上のためのトレーニング. 月刊トレーニングジャーナル, 35: 47-50.
- 木下和昭, 橋本雅至, 田頭悟志, 井上直人, 森 洋子, 新谷 健 (2009) Side-Bridge動作での運動条件変化に伴う体幹筋・股関節周囲筋の筋活動. 関西臨床スポーツ医・科学研究会誌, 19: 49-52.
- Kovacs, M. S. (2009) Movement for tennis: The importance of lateral training. Strength and Conditioning Journal, 31: 77-85.
- 小屋菜穂子, 梅林 薫, 北村 哲, 村松 憲, 井上直子 (2011) ナショナルジュニアテニス選手に適した体力測定項目の検討. 同志社スポーツ健康科学, 3: 6-13.
- 内藤久士 (2014) 身体運動を発現する骨格筋の機能. 村岡功編著, スポーツ指導者に必要な生理学と運動生理学の知識, 市村出版, 東京都, P20.
- 小川修平, 丹 信介 (2018) 後方への方向転換走タイム、接地時間および体幹傾斜変位量との関係-後方への方向転換走を繰り返した場合について-, 山口大学教育学部研究論叢, 68: 315-323.
- 大久保 雄, 金岡恒治 (2009) コアスタビリティトレーニングのための機能解剖学. 理学療法, 26: 1187-1194.
- 笹木正悟, 金子 聡, 福林 徹 (2008) サッカー選手における後方への方向変換能力に関する研究. スポーツ科学研究, 5: 45-57.
- Sasaki, S., Yasuharu, N., Kaneko, S., Sakurai, T. Fukubayashi, T. (2011) The relationship between performance and trunk movement during change of direction. Journal of Sports and Medicine, 10: 112-118.
- 新谷 健, 橋本雅至, 田頭悟志, 福本貴典, 高嶋厚史, 木下和昭, 大槻伸吾 (2019) 高校男子サッカー選手における体幹筋機能と競技パフォーマンスとの関係性. 日本臨床スポーツ医学会誌, 27: 20-26.
- 塩川勝行, 井上尚武, 杉本陽一 (1998) サッカー選手における方向変換能力に関する研究-マットスイッチシステムを用いて-. サッカー医・科学研究, 18: 175-179.
- 竹井 歩 (2012) サッカー選手における方向転換能力

に関する研究－体幹深部筋筋厚および下肢筋力に着目して－. 順天堂大学大学院スポーツ健康科学研究科修士論文.

Young, W. B., James, R., Montgomery, I. (2002) Is muscle power related to running speed with changes of direction? *Journal of Sports and Medicine*, 42: 282–288.