

体幹のトレーニングがバスケットボール選手の予測できない 条件下におけるサイドステップの切り返し動作に及ぼす影響

岩隈圭祐¹⁾ 丹 信介²⁾

The effect of trunk stability training on the ability of lateral cutting maneuver during side step under unpredictable condition in university basketball players.

Keisuke IWAKUMA¹⁾, Nobusuke TAN²⁾

抄録

本研究では、バスケットボールの動きを想定した予測できない条件下のサイドステップ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対する体幹トレーニングの影響を検討した。バスケットボール部所属の健康な男子大学生を、体幹トレーニングの介入（週3回、合計9～10回）を行うトレーニング群8名と介入を行わない対照群8名に分けた。トレーニング介入期間前後に、両群について、サイドステップ方向転換走における方向転換時の接地時間や走タイムを測定した。その結果、介入期間前後の方向転換走タイムには有意な交互作用が認められ（介入期間後に、対照群ではタイムの延長、トレーニング群ではタイムの短縮）、方向転換時の接地時間についても交互作用を示す傾向が認められた（介入期間後に、対照群では接地時間の延長、トレーニング群では接地時間の短縮傾向）。方向転換時の接地時間をもとに両群をさらに2グループに分けて検討した結果（各群4名ずつ）、接地時間が相対的に長かったグループでは、方向転換時の接地時間及び方向転換走タイムに有意な交互作用が認められ、トレーニング群では、介入期間後に有意な接地時間の短縮が認められた。これらのことから、特に、方向転換時の接地時間が相対的に長い者では、体幹トレーニングにより、予測できない条件下でのサイドステップ方向転換走における方向転換時の接地時間の短縮をもたらす効果があることが示唆された。

KEY WORDS: change of direction, lateral cutting, side step, trunk stability training, basketball

1) 筑波大学大学院人間総合科学研究科博士前期課程体育学専攻 〒305-8577 茨城県つくば市天王台1-1-1
Master's Program in Physical Education, Health and Sports Sciences, Graduate School of Comprehensive Human Science, Tsukuba University, 1-1-1 Tennodai Tsukuba, Ibaraki, 305-8577 Japan

2) 山口大学教育学部 〒753-8513 山口県山口市吉田1677-1
Faculty of Education, Yamaguchi University, 1677-1 Yoshida Yamaguchi, Yamaguchi, 753-8513 Japan

1. 緒言

バスケットボールにおけるディフェンス場面では、主に横方向への移動動作としてサイドステップと方向転換動作としての繰り返し動作が用いられており、これらの動きをオフェンスの動きを予測して行ったり、咄嗟に反応して行ったりしなければならない。すなわち、ディフェンス面では、オフェンスの動きに対してサイドステップを継続するのか、あるいは繰り返し動作を行うのかを素早く判断して動くことが必要な動きのひとつであると考えられる。

繰り返し動作を素早く行うという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、方向転換における接地時間と体幹傾斜変位置には有意な正の相関があることが報告されている(田村ら、2019)。これらのことから、繰り返し動作の能力を向上させる方法のひとつとして、接地時間の短縮につながると考えられる方向転換時の体幹部の安定性を高めることが考えられる。すなわち、体幹部の安定性に関わる筋機能を高める体幹トレーニングを行うことで、方向転換時の体幹部の安定性が高まることに伴って接地時間の短縮が起り、繰り返し動作速度が速くなるのではないかと考えられる。

田村ら(2019)は、この点について、サイドステップによる方向転換走を用いて検討しているが、この報告では、方向転換時の体幹傾斜変位置や接地時間、方向転換走タイムに対して体幹トレーニングの影響は見られなかったことが示されている。しかし、この報告では、側方への繰り返しを行うことが予め設定されていた。バスケットボールの試合の実際の場面では、予測なく咄嗟に繰り返し動作を行う場面が少なくない。バスケットボール選手がサイドステップで逆方向への繰り返し動作を行う際、予測できない条件下で行った時には、予測できる条件下よりも、繰り返す方向とは逆方向に体幹が側屈しており、それに伴って接地時間も長くなっていることが報告されている(亀田ら、2019)。したがって、予測できない条件下で繰り返し動作を行うという条件下で側方への方向転換能力を評価し、それに対する体幹トレーニングの影響を検討すれば、トレーニング効果が示される可能性はあるのではないかと考えられる。しかし、予測できない条件下での繰り返し動作に対する体幹トレーニングの影響については、涉猟しえた限り、明らかになっていない。

そこで、本研究ではバスケットボールを日常的に

行っている男子大学生を対象とし、体幹トレーニングを行うことで、予測できない条件下におけるサイドステップの繰り返し動作時の接地時間にどのような影響がでるのか、また、その時の方向転換走タイム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。

2. 方法

2.1. 被験者

被験者はY大学、男子バスケットボール部に所属する健康な男子大学生16名(年齢 19.5 ± 0.9 歳、身長 174.7 ± 6.0 cm、体重 67.6 ± 7.5 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Y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(2021-043-01)。

2.2. 実験概要

体幹のトレーニング介入を始める前と3~4週間のトレーニング介入を終了した後に、バスケットボールに用いられる動きを想定したサイドステップ走とサイドステップによる繰り返し動作を組み合わせたテスト(サイドステップ方向転換走)を、繰り返し予測できる条件と予測できない条件で行った。そして、その時のサイドステップ方向転換走の様子を、それぞれ前額面および矢状面からビデオカメラ(EX-F1、CASIO)を用いて、1/300秒コマで撮影し、それら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及び方向転換(繰り返し動作)時の接地時間について測定した。また、体幹安定性に関わる筋機能テストとして、体幹の安定性に関わる筋の活動が認められるエルボトゥ、サイドブリッジ、バックブリッジ姿勢保持能力(大久保ら、2009)を評価するテストを行った。体幹のトレーニングの介入を行うトレーニング群8名と介入を行わない対照群8名は、介入前の測定結果をもとに、各測定値がグループ間で可能な限り差がないように分けた。そして、トレーニング群には3~4週間の体幹のトレーニング(週3回、合計9~10回)の介入を行い、介入期間前後の測定結果を両群で比較することにより、体幹のトレーニングがサイドステップ方向転換走における方向転換時(繰り返し時)の接地時間に及ぼす影響および方向転換走タイムに及ぼす影響を検討した。

2.3. サイドステップ方向転換走

予測可能な条件 (Pre 条件) と予測不可能な条件 (Un 条件) の 2 条件でサイドステップ方向転換走を行った。Pre 条件は、右方向への 3m のサイドステップ走後、サイドステップで 180 度切り返して 3m 先のスタート地点にサイドステップ走で戻るといったものである。Un 条件では、3m のサイドステップ走後、被験者に対して正面方向に設置されたモニターに表示される矢印に従って、サイドステップで 180 度切り返す動作をするか否かを判断する方法を用いた。すなわち、左方向の矢印が表示された場合には切り返し動作を行い、右方向の矢印が表示された場合には、切り返さずそのまま直進させた。移動方向を示す矢印は、スタートから 2.2m 地点に設置した光電管センサー (E3JK-TR12、オムロン) を先行足 (右足) が通過するタイミングで表示するよう設定し、モニターにできるだけ大きく映した。Pre 条件では、試技が始まる前に切り返すことを被験者に通知するとともに、モニターにも試技開始前から試技終了まで切り返す方向の矢印 (左方向の矢印) を表示した。Un 条件では、被験者に対して左方向の矢印の場合は、3m の地点のラインを踏んで矢印の方向に切り返し、スタート地点に戻るよう、また右方向の矢印の場合は 3m の地点のラインを先行足で踏んで通過するようにそれぞれ指示をした。本研究では、検者の目視にてラインを踏んでいるかどうかを確認し、ラインを踏んでいない試技は、失敗試技と判定した。なお、ゴールは、左方向の矢印の場合は、スタート地点に引かれたラインを先行足で踏むか通過した時、右方向の矢印の場合は、3m の地点に引かれたラインを先行足で踏むか通過した時とした。Un 条件の矢印表示は、micro.bit (Microsoft) で作成したプログラムにより行い、被験者が光電管を通過すると同時に、左か右方向を示す矢印がランダムに表示されるようにした。すべての被験者は、Pre 条件を行った後、Un 条件を行った。Un 条件では、左方向の矢印がランダムで少なくとも 5 回出るまで行った。Pre 条件、Un 条件ともに、亀田ら (2019) の先行研究を参考に、成功試技が 5 回になるまで行った。試技間の休憩は 2 分間とした。なお、被験者には成功試技が 5 回になるまで試技を行うことは伝えしたが、総試技回数は伝えずに実施した。本研究の成功試技とは、ラインを踏んでいることに加えて、表示された矢印方向へ移動できたものとし、表示された矢印方向とは異なる方向へ移動してしまった場合は失敗試技とみなした。被験者は、静止した状態から任意のタイミングでスタートし、サイドステップ方向転換走を最大努力で

行った。被験者には測定前に十分なウォーミングアップおよび条件ごとに数回の練習を行わせた。ウォーミングアップは、被験者の各々自由なものとした。被験者は普段使用しているバスケットボールシューズを履いて試技を行った。

2.4. 測定項目と測定方法

以下に示す 1) ~4) の測定項目について、トレーニング介入前と介入終了後にそれぞれ測定を行った。そのうち、サイドステップ方向転換走における測定項目である 1) ~3) については、Pre 条件、Un 条件ともに 5 回のサイドステップ方向転換走の成功試技の内、走タイムが速い順に 3 回の試技について、3 回のタイム差が少ないこと (タイム差 0.18 秒以内) を確認した上で、撮影映像をもとに動作解析ソフト Frame-DIAS IV (DKH) を用いて値を計測した。値は、それぞれ 1/300 秒まで計測し、3 回の試技の計測値の平均値を測定値として採用した。

1) サイドステップ方向転換走タイム (走タイム)

サイドステップ方向転換走のスタートからゴールまでの時間を測定した。

2) 移動時間

走タイムから切り返し時の接地時間を減じたサイドステップによる移動時間を測定した。

3) 切り返し時の接地時間 (接地時間)

切り返し動作時 (方向転換時)、地面に切り返し足が接地し、再びその足が地面から離れるまでの時間を測定した。

4) 体幹の安定性に関わる筋機能 (負荷重量)

体幹の安定性にそれぞれ関与している腹横筋の筋活動がみられるエルボトゥ及びサイドブリッジならびに多裂筋の筋活動がみられるバックブリッジ (大久保ら、2009) をテスト種目とした。図 1 に示したように、各種目の肢位にて段階的に重りを負荷し、それぞれ 20 秒間各種目の姿勢を維持できる最大の重りの重量を測定し、その値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) とした。エルボトゥでは前腕とつま先側の足底が地面に接する状態、サイドブリッジでは前腕と足部外側が地面に接する状態、バックブリッジでは肩と下腿 2/3 がマットに接する状態で姿勢を維持させた (図 1)。姿勢が維持できているか否かの判断は目視で行い、側面から見た際に肩峰と骨盤と足首を結んだ線が一直線になっているか否かで判断した。各種目の測定は疲労を考慮し、十分な休息を挟んで行うようにした。

2.5. 体幹のトレーニング



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）



図2 身体動揺修正トレーニング

1) 体幹トレーニング

主に腹横筋の強化としてエルボトゥおよびサイドブリッジを、主に多裂筋の強化としてバックブリッジの姿勢保持を行わせた。筋機能の測定で計測した最大負荷重量の70%の重さの重りを、それぞれの種目で図1に示したように負荷し、その状態で20秒間姿勢を維持することを1セットとし、それを繰り返す。20秒間姿勢を維持できなくなるまで行わせた。姿勢が維持できているか否かの判断は、筋機能の測定時と同様とした。各セットの休憩は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、次のトレーニングの際に、負荷する重りの重さを1~5kgあげるようにした。トレーニングは週3回行い、1日おきに休日を設けた。

2) 身体動揺を修正するトレーニング

バランスチェア(100-SNC038、サンワサプライ)に、脚が地面につかない状態で座り、胸部に巻き付けたゴムチューブ(WRei フィットネスバンド)を、検者が被験者に対して横方向に水平に引っ張り、それを吐嗟に離れた際に起こる体の動揺をできるだけ早く元の状態に戻すというトレーニングを行った(図2)。身体動揺の状態については、被験者の胸骨体に設置した3軸加速度計(BWT901CL、Wit Motion)

を用いて、XYZ軸の加速度変化を波形として記録した。左および右方向に引っ張る試技をそれぞれ10回ずつ行い、身体動揺の明らかな減少が確認された段階で、ゴムチューブの強度をLevel1:8~10kgからLevel2:10~12kgさらに、Level3:12~15kgと順に上げた。ゴムチューブの強度を上げる基準は、記録した波形の大きさが、それぞれのゴムチューブでの試技を初めて行ったときの波形よりも明らかに小さくなった時(横方向(Y軸)の波形の振幅が、初めて行ったときの波形の2/3以下になった時)とした。このトレーニングは体幹トレーニングと同日に行うこととし、体幹トレーニングを行う前に行った。

2.6. 統計処理

測定値はすべて平均値±標準偏差で示した。

対照群とトレーニング群のトレーニング介入前の各測定値に差があるか否かを確認するために、F検定を用いて両群の分散に差がないことを確認した上で、対応のないt検定を行った。対照群、トレーニング群における介入期間前後の各測定値の差に関しては、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、事後検定として対応のある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期間前後の各測定値の差を検定した。なお、統計学的有意水準は、いずれも5%未満とした。

3. 結果

対照群とトレーニング群におけるトレーニング介入期間前後のPre条件、Un条件におけるサイドステップ方向転換走における各測定値(走タイム、接地時間及び移動時間)の変化を表1に、体幹安定性に関わる筋機能テストの各最大負荷重量(体重1kg当たりの値)を表2にそれぞれ示した。

対照群とトレーニング群の間で介入前の各測定値

表1 対照群とトレーニング群におけるトレーニング介入期間前後のサイドステップ方向転換走 (Pre条件およびUn条件) の各測定値

		対照群		トレーニング群	
		介入期間前	介入期間後	介入期間前	介入期間後
走タイム (秒)	Pre	2.10 ± 0.17	2.09 ± 0.13	2.09 ± 0.16	2.07 ± 0.14
		主効果(群):NS、主効果(時間):NS、交互作用:NS			
走タイム (秒)	Un	2.41 ± 0.22	2.50 ± 0.20	2.43 ± 0.16	2.39 ± 0.13
		主効果(群):NS、主効果(時間):NS、交互作用:p<0.05			
接地時間 (秒)	Pre	0.41 ± 0.06	0.38 ± 0.05	0.41 ± 0.04	0.41 ± 0.04
		主効果(群):NS、主効果(時間):NS、交互作用:NS			
接地時間 (秒)	Un	0.62 ± 0.10	0.70 ± 0.13	0.62 ± 0.14	0.60 ± 0.13
		主効果(群):NS、主効果(時間):NS、交互作用:p<0.1			
移動時間 (秒)	Pre	1.69 ± 0.15	1.71 ± 0.13	1.68 ± 0.12	1.66 ± 0.12
		主効果(群):NS、主効果(時間):NS、交互作用:NS			
移動時間 (秒)	Un	1.79 ± 0.17	1.80 ± 0.14	1.81 ± 0.14	1.79 ± 0.15
		主効果(群):NS、主効果(時間):NS、交互作用:NS			

表2 対照群とトレーニング群におけるトレーニング介入期間前後の体幹安定性に関わる筋機能テストの各最大負荷重量(体重1kg当たりの値)

	対照群		トレーニング群	
	介入期間前	介入期間後	介入期間前	介入期間後
エルボトゥ	0.93 ± 0.19	1.02 ± 0.22 *	0.88 ± 0.15	1.09 ± 0.11 *
	主効果(群):NS、主効果(時間):p<0.05、交互作用:p<0.05			
サイドブリッジ (右)	0.62 ± 0.10	0.63 ± 0.08	0.55 ± 0.10	0.71 ± 0.08 *
	主効果(群):NS、主効果(時間):p<0.05、交互作用:p<0.05			
サイドブリッジ (左)	0.61 ± 0.11	0.62 ± 0.11	0.53 ± 0.12	0.70 ± 0.11 *
	主効果(群):NS、主効果(時間):p<0.05、交互作用:p<0.05			
バックブリッジ	1.22 ± 0.28	1.12 ± 0.26	1.11 ± 0.24	1.32 ± 0.22 *
	主効果(群):NS、主効果(時間):p<0.1、交互作用:p<0.05			

* p<0.05 vs トレーニング前

に有意な差は認められなかった。

介入期間前後の Pre 条件におけるサイドステップ方向転換走の各測定値の比較 (表 1) では、走タイム、接地時間及び移動時間、いずれも各要因に有意な主効果は認められず、有意な交互作用も認められなかった。

介入期間前後の Un 条件におけるサイドステップ方向転換走の各測定値の比較 (表 1) では、走タイムにおいて、各要因に有意な主効果は認められなかったが、有意な交互作用が認められた。事後検定の結果、トレーニング群、対照群ともに介入期間前後の値に有意な差は認められなかったが、対照群では介入期間後に走タイムが延長し、トレーニング群では走タイムが短縮していた。接地時間においても各要因に有意な主効果は認められなかったが、交互作用を示す傾向が認められ、対照群では介入期間後に

時間が延長する傾向を、トレーニング群では時間が短縮する傾向を示した (表 1)。一方、移動時間においては各要因に有意な主効果は認められず、有意な交互作用も認められなかった。

筋機能テストとして行った各種目の最大負荷重量 (体重 1kg 当たりの値) については、バックブリッジで時間要因に主効果を示す傾向が認められ、エルボトゥ、左右のサイドブリッジでは、時間要因に有意な主効果が認められた。また、いずれの種目においても有意な交互作用が認められたため、すべての種目について事後検定を行った結果、トレーニング群のエルボトゥ、左右のサイドブリッジおよびバックブリッジ、対照群のエルボトゥにおける最大負荷重量は、それぞれ介入期間前に比べて介入期間後に有意に (p<0.05) 高値を示した (表 2)。一方、対照群の左右のサイドブリッジおよびバックブリッジの

最大負荷重量は、介入期間前後で有意な差は認められなかった（表2）。また、エルボトゥの最大負荷重量は、対照群に比べて、トレーニング群で介入期間前後の値の変化が大きかった（表2）。

介入期間前後の Un 条件における接地時間は統計的に有意ではないが、交互作用を示す傾向が認められ、前述のとおり、トレーニング群においては、介入期間後に接地時間が短縮する傾向を示した（表1）。そこで、Un 条件における接地時間に焦点を当て、対照群とトレーニング群それぞれの介入前の Un 条件における接地時間をもとに、上位群と下位群（各群：n=4）の2群にそれぞれ分け直し、対照群とトレーニング群における介入期間前後の各測定値（方向転換走における走タイム、接地時間及び移動時間ならびに体幹の安定性に関わる筋機能テストの最大負荷重量（体重1kg当たりの値））の比較を行った。その結果を表3および表4に示した。

接地時間が相対的に短い上位群の介入期間前後の各測定値の比較（表3）では、Pre 条件におけるサイドステップ方向転換走の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。Un 条件では、走タイムおよび接地時間において時間要

因に主効果を示す傾向が認められたが、有意な交互作用は認められなかった。Un 条件における方向転換走の移動時間についても、各要因の主効果、交互作用ともに有意ではなかった。筋機能テストの各最大負荷重量（体重1kg当たりの値）は、左右のサイドブリッジで有意な交互作用が認められ、事後検定の結果、トレーニング群では、介入期間後に有意な値の増加を示した。

接地時間が相対的に長い下位群の介入期間前後の各測定値の比較（表4）では、Pre 条件における方向転換走の移動時間に有意な交互作用が認められた以外、各要因の主効果、交互作用ともに有意な測定項目はなかった。Un 条件では、走タイム及び接地時間において、各要因に有意な主効果は認められなかったが、有意な交互作用が認められた。事後検定の結果、トレーニング群においては、介入期間後に有意な（ $p<0.05$ ）接地時間の短縮が認められた。また、走タイムについては、両群ともに介入期間前後で有意な差は認められなかったが、対照群では介入期間後に走タイムが延長し、トレーニング群では走タイムが短縮していた（表4）。筋機能テストの各最大負荷重量（体重1kg当たりの値）は、エルボトゥ、左

表3 対照群とトレーニング群におけるUn条件での接地時間上位群(各群 n=4)のトレーニング介入期間前後のサイドステップ方向転換走（Pre条件およびUn条件）の各測定値および体幹安定性に関わる筋機能テストの各最大負荷重量(体重1kg当たりの値)

	対照群		トレーニング群		
	介入期間前	介入期間後	介入期間前	介入期間後	
走タイム (秒)	Pre	2.07 ± 0.24	2.02 ± 0.15	2.07 ± 0.23	2.09 ± 0.20
	Un	2.41 ± 0.32	2.49 ± 0.28	2.40 ± 0.22	2.42 ± 0.18
主効果(群):NS、主効果(時間):NS、交互作用:NS					
接地時間 (秒)	Pre	0.40 ± 0.05	0.36 ± 0.06	0.41 ± 0.05	0.41 ± 0.03
	Un	0.57 ± 0.11	0.69 ± 0.19	0.51 ± 0.10	0.56 ± 0.18
主効果(群):NS、主効果(時間):NS、交互作用:NS					
移動時間 (秒)	Pre	1.66 ± 0.22	1.66 ± 0.16	1.66 ± 0.17	1.68 ± 0.18
	Un	1.85 ± 0.21	1.80 ± 0.18	1.90 ± 0.14	1.87 ± 0.15
主効果(群):NS、主効果(時間):NS、交互作用:NS					
エルボトゥ		1.03 ± 0.20	1.11 ± 0.24	0.93 ± 0.18	1.13 ± 0.15
主効果(群):NS、主効果(時間):NS、交互作用: $p<0.1$					
サイドブリッジ (右)		0.60 ± 0.11	0.63 ± 0.09	0.55 ± 0.12	0.70 ± 0.10 *
主効果(群):NS、主効果(時間):NS、交互作用: $p<0.05$					
サイドブリッジ (左)		0.59 ± 0.12	0.58 ± 0.11	0.54 ± 0.09	0.71 ± 0.08 *
主効果(群):NS、主効果(時間):NS、交互作用: $p<0.05$					
バックブリッジ		1.09 ± 0.27	1.02 ± 0.21	1.14 ± 0.28	1.36 ± 0.28
主効果(群):NS、主効果(時間):NS、交互作用: $p<0.1$					

* $p<0.05$ vs トレーニング前

表4 対照群とトレーニング群におけるUn条件での接地時間下位群(各群 n=4)のトレーニング介入期間前後のサイドステップ方向転換走 (Pre条件およびUn条件) の各測定値および体幹安定性に関わる筋機能テストの各最大負荷重量(体重1kg当たりの値)

		対照群		トレーニング群		
		介入期間前	介入期間後	介入期間前	介入期間後	
走タイム (秒)	Pre	2.14 ± 0.07	2.16 ± 0.08	2.10 ± 0.65	2.06 ± 0.65	
	Un	2.42 ± 0.10	2.51 ± 0.11	2.45 ± 0.74	2.36 ± 0.74	主効果(群):NS、主効果(時間):NS、交互作用:NS
接地時間 (秒)	Pre	0.42 ± 0.78	0.41 ± 0.03	0.40 ± 0.12	0.41 ± 0.12	
	Un	0.68 ± 0.03	0.71 ± 0.03	0.72 ± 0.22	0.65 ± 0.21	主効果(群):NS、主効果(時間):NS、交互作用:p<0.05
移動時間 (秒)	Pre	1.71 ± 0.06	1.75 ± 0.08	1.71 ± 0.52	1.65 ± 0.52	
	Un	1.74 ± 0.11	1.80 ± 0.12	1.74 ± 0.52	1.71 ± 0.53	主効果(群):NS、主効果(時間):NS、交互作用:p<0.05
エルボトゥ		0.84 ± 0.14	0.93 ± 0.18	0.83 ± 0.24	1.05 ± 0.28	* 主効果(群):NS、主効果(時間):NS、交互作用:p<0.05
サイドブリッジ (右)		0.63 ± 0.10	0.64 ± 0.09	0.56 ± 0.18	0.72 ± 0.20	* 主効果(群):NS、主効果(時間):NS、交互作用:p<0.05
サイドブリッジ (左)		0.63 ± 0.11	0.67 ± 0.09	0.52 ± 0.19	0.69 ± 0.21	* 主効果(群):NS、主効果(時間):NS、交互作用:p<0.05
バックブリッジ		1.36 ± 0.24	1.22 ± 0.29	1.09 ± 0.40	1.28 ± 0.36	* 主効果(群):NS、主効果(時間):NS、交互作用:p<0.05

* p<0.05 vs トレーニング前

表5 トレーニング群個々人における身体動揺を修正するトレーニングで用いたバランスチューブの強度の推移 (Level 1 (8~10kg)、Level 2 (10~12kg)、Level 3 (12kg~15kg)はバランスチューブの強度を示す。灰色はUn条件での接地時間上位群を示す。)

	1回目	2回目	3回目	4回目	5回目	6回目	7回目	8回目	9回目	10回目
A	Level 1	Level 1	Level 2	Level 2	Level 2	Level 2	Level 3	Level 3	Level 3	—
B	Level 1	Level 1	Level 1	Level 2	Level 2	Level 2	Level 2	Level 3	Level 3	—
C	Level 1	Level 1	Level 2	Level 2	Level 2	Level 3	Level 3	Level 3	Level 3	—
D	Level 1	Level 1	Level 1	Level 1	Level 2	Level 2	Level 2	Level 3	Level 3	—
E	Level 1	Level 1	Level 1	Level 1	Level 2	Level 2	Level 2	Level 2	Level 3	Level 3
F	Level 1	Level 1	Level 1	Level 1	Level 2	Level 2	Level 2	Level 2	Level 3	Level 3
G	Level 1	Level 1	Level 1	Level 2	Level 2	Level 2	Level 2	Level 2	Level 3	Level 3
H	Level 1	Level 1	Level 1	Level 2	Level 2	Level 2	Level 3	Level 3	Level 3	—

右のサイドブリッジ、バックブリッジのいずれにおいても有意な交互作用が認められ、事後検定の結果、トレーニング群では、介入期間後にそれぞれ有意な値の増加を示した。

トレーニング群個々人における身体動揺を修正するトレーニングで用いたゴムチューブの強度の推移を表5に示した。下位群は、上位群に比べてゴムチューブの強度の進捗具合が遅い傾向にあったが、最

終的には、トレーニング群全員がゴムチューブ強度Level3まで到達した。

4. 考察

4.1. 体幹の筋機能に対する体幹トレーニングの効果

3~4週間(合計9あるいは10回)の体幹のトレーニングの介入を行ったトレーニング群では、体幹

安定性に関わる筋機能テストで用いた種目であるエルボトゥ、左右のサイドブリッジ及びバックブリッジの姿勢保持を、重りを負荷した状態で20秒間繰り返すトレーニングを行った。エルボトゥ、サイドブリッジでは腹横筋、バックブリッジでは多裂筋の筋活動がそれぞれ認められ、これらの筋は体幹安定性に関わる筋として知られている（大久保ら、2009）。トレーニング群では、介入期間前に比べて、介入期間後に筋機能の指標とした最大負荷重量の値（体重1kg当たりの値）が有意に（ $p < 0.05$ ）増加した（表2）。一方、トレーニング介入を行っていない対照群では、左右のサイドブリッジ、バックブリッジにおける最大負荷重量の値（体重1kg当たりの値）に有意な差は認められなかった。エルボトゥにおいては、対照群においても介入期間前後の最大負荷重量の値に有意な差が認められたが、対照群の介入期間後の値（体重1kg当たりの値）の増加は、トレーニング群に比べて少なかった。これらの結果は、本研究と同様の体幹のトレーニングの介入を4週間（合計10回）行い、介入後に各ブリッジ姿勢を一定時間保持した時の最大負荷重量が増加したという田村ら（2019）の研究結果と同様であった。以上のことから、本研究においても、体幹のトレーニングにより、体幹の安定性に関わる筋機能を高める効果が認められたと考えられる。

また、それに加えて、本研究では、身体動揺を修正するトレーニングも行った。Zazulak et al. (2008) は、体幹の神経筋制御能力を評価するテストとして、前方、側方、後方から体幹を引っ張っていた力を突然解放し、体幹の動揺をどの程度制御できるかをみるテストを実施している。また、Jamison et al. (2011) は、筋力トレーニングに今回用いたブリッジ姿勢などを保持する体幹トレーニングを組み合わせた効果を検証するテストのひとつとして、同様のテストを実施している。本研究では、これらのテストと同様の方法を用いて体幹の姿勢制御を繰り返し行うことで、身体動揺を修正する能力が向上するのではないかと考え、同様の方法をトレーニングとして取り入れることとした。前述のエルボトゥなどの体幹トレーニングは、姿勢保持を一定時間続ける体幹の静的トレーニングにあたるが、姿勢動揺を修正するトレーニングは体幹の動的トレーニングにあたる。本研究では、ゴムチューブを用いて側方から体幹を引っ張る力を加え、それを突然解放する方法を取り入れた。また、ゴムチューブは強度の異なるものを3種類使用した。その結果、トレーニング群全員が本研

究で使用したゴムチューブの強度が最も強い Level 3まで到達した。引っ張っていた力が強いほど力を放した際に起こる体幹の動揺は大きく、その制御も難しいと考えられる。つまり、トレーニング群では、身体動揺を修正する能力も向上したと考えられる。

4.2. トレーニング介入期間前後のサイドステップ方向転換走の各測定値の変化

1) Pre 条件におけるサイドステップ方向転換走

Pre 条件における走タイム、接地時間及び移動時間は、いずれも各要因に有意な主効果は認められず、有意な交互作用も認められなかった。田村ら（2019）は、体幹トレーニングが側方への方向転換能力に及ぼす影響について検討し、トレーニング介入前後でサイドステップを用いた方向転換走の走タイム、接地時間及び体幹傾斜変位量について有意な差は認められなかったと報告している。この田村（2019）らの研究は、予め逆方向へ方向転換することが決まっており、本研究のPre条件と同様な条件にあたる。本研究の結果は、上述の田村ら（2019）の結果と同様であると考えられる。予め方向転換が予測できている場合には、予測できない条件下で繰り返し動作を行った時に比べて、切り返す方向への体幹の傾斜がしやすく、接地時間も短いことが報告されている（亀田ら、2019）。本研究でも、Pre条件の接地時間は、Un条件に比べて短かった（表1）。このようなことから、体幹トレーニングにより、体幹の安定性に関わる筋機能の向上効果が認められたとしても、Pre条件では側方への方向転換能力に及ぼす効果は生じにくかったのではないかと考えられる。

2) Un 条件におけるサイドステップ方向転換走

亀田ら（2019）は、Un条件におけるサイドステップ方向転換走の走タイム及び接地時間は、Pre条件のそれらの値よりも高値を示すことを報告している。また、その際、Pre条件とは異なり、切り返す方向とは逆方向に体幹が側屈していることを報告している。本研究でも、Un条件における走タイム及び接地時間は、亀田ら（2019）の結果と同様、Pre条件に比べて高値であった（表1）。このことから、Un条件においては、体幹のトレーニングにより体幹の安定性に関わる筋機能が向上することで、切り返す方向とは逆方向への体幹の側屈が軽減され、接地時間や走タイムの短縮が起こるのではないかと考えた。

本研究のUn条件におけるトレーニング介入期間前後の走タイムには有意な交互作用が認められた（表1）。事後検定の結果では、トレーニング群、対照群ともに介入期間前後の値に有意な差は認められ

なかったが、対照群では介入期間後に走タイムが延長し、トレーニング群では走タイムが短縮していた。また、接地時間についても、交互作用を示す傾向 ($p < 0.1$) が認められ (表 1)、対照群においては、介入期間後に接地時間が延長する傾向、トレーニング群では、接地時間が短縮する傾向を示した。これらのことから、Un 条件においては、体幹のトレーニングにより、サイドステップ方向転換走の切り返し時の接地時間が短縮傾向を示し、走タイムも短縮する傾向にあることがうかがえた。

そこで、Un 条件における接地時間に着目し、両群ともに、接地時間が短い者から順に 4 人ずつの 2 つのグループに群分けし直し、接地時間が相対的に短い上位群と相対的に長い下位群それぞれについて、対照群、トレーニング群における介入期間前後の走タイム、接地時間等について比較を行った。その結果、上位群では、Un 条件における走タイム及び接地時間ともに、各要因に有意な主効果は認められず、有意な交互作用も認められなかった (表 3)。一方、下位群では、Un 条件における走タイムおよび接地時間について、各要因に有意な主効果は認められなかったが、有意な ($p < 0.05$) 交互作用が認められ、トレーニング群では、介入期間後に接地時間の有意な ($p < 0.05$) 短縮が認められた (表 4)。また、走タイムについては、事後検定の結果、対照群、トレーニング群ともに介入期間前後で有意な差は認められなかったが、対照群では介入期間後に走タイムは延長し、逆にトレーニング群では走タイムは短縮していた (表 4)。これらの結果は、トレーニング群の下位群においては、介入期間後に Un 条件における方向転換時の接地時間の短縮と、それに伴い有意ではないものの走タイムも短縮したことを示している。また、体幹の筋機能については、指標とした最大負荷重量は、トレーニング群の上位群、下位群ともに、介入期間後に値の増加が示された。したがって、Un 条件におけるサイドステップ方向転換走においては、方向転換時の接地時間が相対的に長い者では、体幹のトレーニングにより、方向転換時の接地時間の短縮が生じること、また、それに伴って走タイムも短縮する可能性があることが示唆された。また、体幹トレーニングによる体幹の筋機能の向上が少なくとも接地時間の短縮に関連していた可能性が考えられた。

本研究では、体幹トレーニングによる体幹の筋機能の向上は、方向転換時の体幹安定性を高め、そのことが方向転換時の接地時間の短縮につながると考えた。そこで、参考的な解析とはなるが、撮影した

サイドステップ方向転換走の映像をもとに、動作解析ソフト Frame-DIAS IV (DKH 社) を用いて 2 次元動作解析を行い、方向転換時の切り返し脚の膝関節最大屈曲時 (切り返し動作の減速局面から加速局面に移行する時点に相当) の体幹傾斜角度を測定した (前額面から見た時の両肩峰の midpoint と両股関節中心の midpoint を結ぶ線分と鉛直線との成す角を体幹傾斜角度とし、地面に対して垂直のときを 0 度、切り返す方向 (左屈) を負、その反対 (右屈) を正と定義した)。解析の結果、Pre 条件における体幹傾斜角度の平均値は $-2 \sim -4$ 度、Un 条件における体幹傾斜角度の平均値は $7 \sim 8$ 度程度であった。この値は、Pre 条件及び Un 条件でのサイドステップによる切り返し動作について 3 次元動作解析を行った亀井ら (2019) の結果とほぼ同じ値であり、Pre 条件に比べて Un 条件において、切り返す方向とは逆方向に体幹が側屈しているという結果であった。しかし、その角度は、Un 条件においても、対照群、トレーニング群ともに介入期間前後で明らかな差は認められなかった。この結果は、接地時間上位群、下位群に 2 分した場合も変わらなかった。したがって、Un 条件において、体幹トレーニングによる方向転換時の接地時間の短縮は、必ずしもその時の体幹安定性を高めたことによるものとは言えないのではないかと考えられる。

これらの結果から、Un 条件において、体幹トレーニングによる方向転換時の接地時間の短縮に、どのような機序が関与するかは、本研究では定かではない。Whyte et al. (2018) は、6 週間の動的な体幹トレーニングにより、斜め 45 度のサイドカッティングによる切り返しを行った時の体幹の角度変位に明らかな変化は認められなかったが、股関節伸展モーメントの増加や膝関節外反モーメントの減少などが認められたことを報告している。また、Butcher et al. (2007) は、そのメカニズムはわからないとしながら、3 週間の体幹トレーニングにより、垂直跳びの離地時の初速度が上昇したことを報告している。離地時の初速度は、床反力とその力の作用時間の積である力積に依存する。床反力は、下肢が床を押す力の反作用であるから、離地時の初速度の増加は、下肢が床を押す力がより高まったことが影響していたと推察される。さらに、Imai et al. (2014) は、体幹トレーニングにより両脚のリバウンドジャンプ指標 (跳躍高/接地時間) が向上すること、Kinoshita et al. (2022) も、体幹の安定性を高めるトレーニングにより片脚のリバウンドジャンプ指標が向上することを、それぞれ報告している。これらのことから、

体幹トレーニングを行うことにより下肢の筋力発揮などの機能が向上することが推測され、このことが、接地時間の短縮につながった可能性はあると考えられる。しかし、この点については推察の域を出ない。また、本研究では、参考解析として、繰り返し脚の膝関節最大屈曲時の体幹傾斜角度を測定したのみであり、膝関節最大屈曲時点以降の繰り返し加速局面での体幹傾斜角度変位の解析はしていない。膝関節最大屈曲時以降、すばやく体幹を転換後の進行方向にもどし、身体重心をすばやく転換方向にもどすことで、下肢が床を押す力が転換方向に作用しやすくなり、加速が促進され、接地時間の短縮が生じたことも考えられるが、これについても推察の域を出ない。加えて、今回の参考解析は、3次元ではなく2次元の動作解析のため、体幹の回旋等による誤差を排除できないため、体幹傾斜角度の値を正確に測定できているとは言えない面がある。したがって、体幹トレーニングによる方向転換時の接地時間の短縮に、どのような機序が関与するかについては、今後の検討課題である。

以上のことから、その機序は明らかでないが、今回行った体幹のトレーニングは、予測できない条件下におけるサイドステップ方向転換走において、特に、方向転換時の接地時間が長い者では、方向転換時の接地時間を短縮させる効果を示すことが示唆された。

5. 結論 (まとめ)

本研究では、バスケットボールを日常的に行っている男子大学生を対象とし、体幹のトレーニングを行うことで、バスケットボールの動きを想定した予測できない条件下におけるサイドステップ方向転換走における方向転換(繰り返し動作)時の接地時間や走タイムにどのような影響がでるのかを検討した。その結果、特に、予測できない条件下での方向転換時の接地時間が長い者では、体幹のトレーニングにより、方向転換時の接地時間を短縮させる効果が認められることが示唆された。しかし、その効果をもたらす機序については、今後さらなる検討が必要である。

引用文献

Butcher S. J., Craven B. R., Chilibeck P. D., Spink K. S., Grona S. T., Sprigings E. J. (2007) The effect of trunk stability training on vertical takeoff velocity, *Journal of Orthopaedic*

- Sports Physical Therapy*. 37: 223–223.
- Imai A., Kaneoka K., Okubo Y., Shiraki H. (2014) Effects of two types of trunk exercises on balance and athletic performance in youth soccer player, *International Journal of Sports Physical Therapy*. 9: 47–57.
- Jamison S. T., Meneilan R. J., Young G. S., Givens D. L., Best T. M., Chaudhari A. M. W. (2011) Randomized controlled trial of the effects of a trunk stabilization program on trunk control and knee loading, *Medicine & Science in Sports & Exercise*. 44: 1924–1934.
- 亀田麻依, 水谷未来, 杉山敬, 木葉一総, 前田明 (2019) バスケットボール選手の子測不可能条件下におけるサイドステップが繰り返し動作中の下肢および体幹に及ぼす影響, *体育学研究*. 64: 705–717.
- Kinoshita K., Ishida K., Hashimoto M., Nakao H., Nishizawa Y., Shibamura N., Kurosaka M., Otsuki S. (2022) The effects of vertical trunk supportability improvement on one-leg rebound jump efficiency, *PLoS ONE*. 17: e0267460.
- 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.
- 田村慎太郎, 丹信介 (2019) 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—, *山口大学教育学部研究論叢*. 69: 235–244.
- Whyte E. F., Richter C., O’ Connor S., Moran K. A. (2018) Effects of a dynamic core stability program on the biomechanics of cutting maneuvers: A randomized controlled trial, *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*. 28: 452–462.
- Zazulak B. T., Hewett T. E., Reeves N. P., Cholewicki J. (2007) Deficits in neuromuscular control of the trunk predict knee injury risk: A prospective biomechanical-epidemiologic study, *American Journal of Sports Medicine*. 35: 1123–1130.

(2023年8月18日受理)