

# 不意な外乱に対する体幹コントロールと方向転換走との関係

今 井 厚

The relationship between trunk control under an unanticipated load  
and running performance of change in direction

Atsushi IMAI

研究紀要 第24号 別刷 (2023年3月)  
中部学院大学・中部学院大学短期大学部

*Reprinted from* THE JOURNAL of  
CHUBU GAKUIN UNIVERSITY, CHUBU GAKUIN COLLEGE  
No.24 : 1-7 (March 2023)  
SEKI, GIFU, JAPAN

# 不意な外乱に対する体幹コントロールと方向転換走との関係

## The relationship between trunk control under an unanticipated load and running performance of change in direction

今井 厚<sup>1)</sup>

Atsushi IMAI

**抄録**：本研究の目的は、不意な外乱に対する体幹コントロールと方向転換走との関係を明らかにし、体幹機能テストの有用性を検討することとした。対象は大学サッカー選手7名とし、体幹機能テストとして修正版フロントブリッジテスト、修正版バックブリッジテスト、方向転換走として前方ジグザグ走、後方ジグザグ走を実施した。体幹機能テスト時の体幹部の動きを慣性センサにより評価し、体幹回旋および屈曲・伸展の動きを示す角速度の最大値と方向転換走タイムとの相関関係を評価した。その結果、修正版フロントブリッジテストにおける体幹回旋の角速度と前方ジグザグ走 ( $r=0.761$ ,  $p=0.047$ )、後方ジグザグ走 ( $r=0.770$ ,  $p=0.043$ ) との間に有意な正の相関を認めた。以上より、フロントブリッジ姿勢からの不意な外乱に対する体幹のコントロールは方向転換走と強い相関があり、スポーツ選手の体幹機能テストとして有用である可能性が示唆された。

**キーワード**：体幹筋、体幹安定性、モーターコントロール、姿勢制御、方向転換走

### I. 研究背景

体幹は腰椎・骨盤・股関節複合体として定義され、身体の中心部に位置し、動作時に四肢へ効率良く力や動きを伝達する役割を担っている。そのため、スポーツ選手には、動作に応じて最適な姿勢をとり、身体が受ける外的な刺激に対して体幹の動きを適切にコントロールする能力が求められる。球技スポーツでは方向転換動作が頻繁に行われ、より素早く方向転換を遂行できる選手は、切り返し時の骨盤の傾きが小さいことや、体幹の前後の動きが小さいことなどが報告されている (Marshall et al., 2014; Sasaki et al., 2011)。方向転換動作にはスピードの減速局面と加速局面があり、方向転換時に体幹部に加わる力は非常に大きくなるため、その力に対して適切に体幹の動きをコントロールできる体幹機能がスポーツ選手にとって非常に重要である。

体幹機能は運動パフォーマンスや傷害発生に関与することから、適切に体幹機能を評価することが必要である。スポーツ現場における体幹機能の評価としては、一定の姿勢を保持するテストが行われている (Nesser et al., 2008; Nesser & Lee, 2009; Sharrock et al., 2011)。これは姿勢の保持時間を計測していることから、主に筋持久力の評価といえる。姿勢保持時間と傷害との関連性については、腰痛との関係について検討されており、腰痛の

リスク要因である報告されている (Abdelraouf & Abdel-Aziem, 2016)。一方、姿勢保持時間と運動パフォーマンスとの関係については相関がないと報告している研究や (Nesser & Lee, 2009; Sharrock et al., 2011)、相関があったとしても低い相関もしくは中程度の相関であり、姿勢保持時間はそれほど重要ではないとも述べられている (Nesser et al., 2008)。実際のスポーツ活動中において、一定の姿勢を保ち続けることは極めて少なく、刻一刻と変化する環境の中でより瞬間的な姿勢のコントロールや不意な刺激への対応が求められる。特に、方向転換やスピードの変化、コンタクトプレーなどを含む球技スポーツにおいては、優れたパフォーマンス発揮するために欠かせない能力の一つである。しかし、これまでの研究では外乱に対する瞬間的な体幹コントロールを評価し、運動パフォーマンスとの関係を調べた研究は報告されていない。

そこで、本研究では、運動パフォーマンスの中でも体幹のコントロールが重要であると報告されている方向転換走に着目し、不意な外乱に対する体幹コントロールと方向転換走との関係を明らかにすることを目的とした。また、得られた結果より、本研究で用いた体幹機能テストの有用性についても検討した。

1) スポーツ健康科学部スポーツ健康科学科

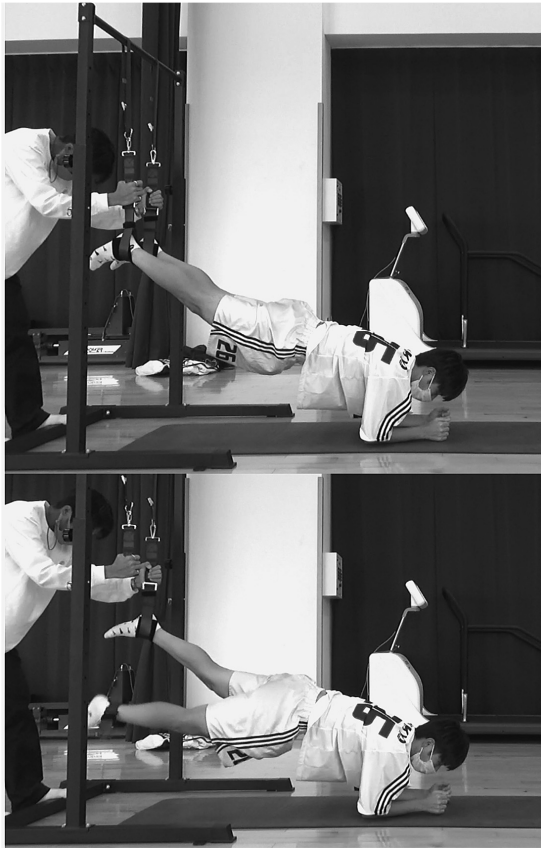


図1：修正版フロントブリッジテスト  
(上) 初期姿勢, (下) 落下時

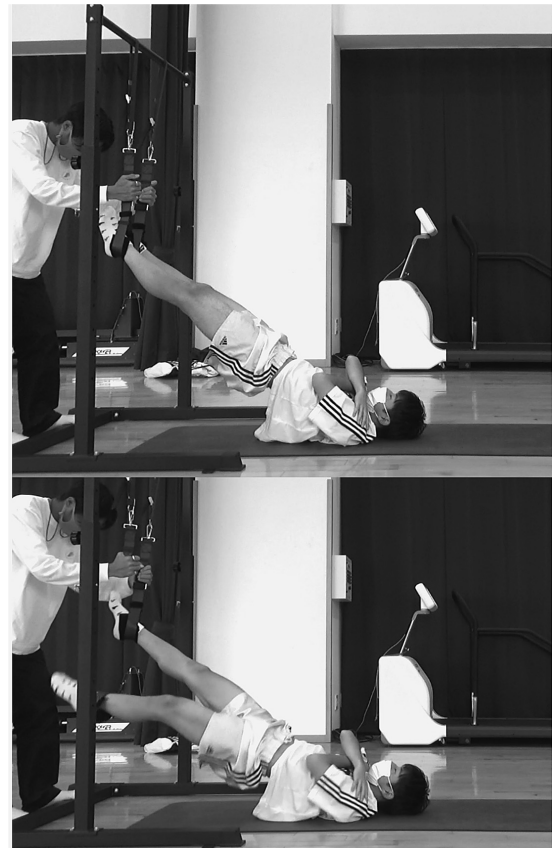


図2：修正版バックブリッジテスト  
(上) 初期姿勢, (下) 落下時

## II. 方法

### 1. 対象者

男子大学サッカー部に所属するフィールドプレーヤー7名を対象とした。対象者の年齢、身長、体重の平均値および標準偏差は、それぞれ $21.0 \pm 0.5$ 歳、 $169.3 \pm 4.4$ cm、 $62.0 \pm 6.0$ kgであった。なお、対象者は過去1ヶ月以内から実験時までの間に身体各部に傷害や痛みを発症しておらず、継続的に練習や試合に参加している選手とした。対象者には、事前に本研究の目的、方法、倫理的配慮などについて十分な説明を行い、書面による実験参加への同意を得られた者を対象者とした。なお、本研究は愛知淑徳大学健康医療科学部の倫理委員会の承認を得て実施した(健学学通2019-10号)。

### 2. 測定項目

対象者は、体幹機能テスト2種類、方向転換走2種類を別日に実施した。体幹機能テストは実験室にて行い、方向転換走は人工芝グラウンドにてサッカースパイク着用の上、10分間の十分なウォーミングアップおよびテスト試技の練習後に測定を実施した。

#### a. 体幹機能テスト

体幹機能テストとして修正版フロントブリッジテ

スト、修正版バックブリッジテストの2種類を実施した。修正版フロントブリッジテストは、腹臥位にて両腕と両足で身体を支えた状態を初期姿勢とし(図1)、修正版バックブリッジテストは仰臥位にて両手は胸の前に交差し背中と両足で身体を支えた状態を初期姿勢とした(図2)。なお、対象者の両足は鉄棒に吊り下げたベルトに固定し、測定者は左右どちらかのベルトを解放し、脚を落下させた(図1、図2)。対象者には足が落ち始めたからできるだけ早く落下を止めて初期姿勢に戻し、2秒間保持するよう指示した。2秒間の保持後に、測定者は再度ベルトを固定し、同様の操作を左右ランダムに4回繰り返した。これを1セットとし、セット間に1分の休憩を挟み、3セット実施した。

体幹機能テスト時の体幹部の加速度・角速度を収集するため、慣性センサ(TSND121, ATR-Promotions社製)を対象者の上後腸骨棘間に両面テープで貼付した。サンプリング周波数は100Hzとした。センサの軸方向は、X軸を上下方向(頭側: +, 足側: -), Y軸を左右方向(左側: +, 右側: -), Z軸を前後方向(背中側: +, 腹部側: -)とした(図3)。本研究では、体幹回旋の動きを示すX軸周りの角速度、体幹屈曲・伸展の動きを示すY軸周りの角速度を解析対象とし、脚の落下開始から最下点に到達するまでの区間における最大角速度を抽出した。

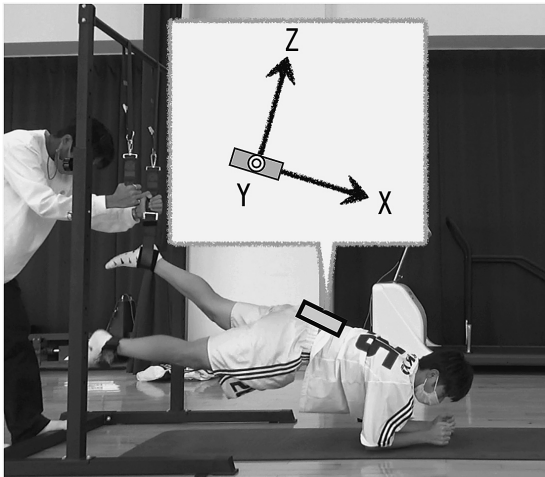


図3：慣性センサの座標軸  
X軸は上下方向（頭側+）、Y軸は左右方向（左側+）、Z軸は前後方向（背中側+）

b. 方向転換走

方向転換走は、5 mごとに100度の方向転換3回を含む合計20mのジグザグ走を実施した（Little & Williams, 2005）（図4）。前向きに進む前方ジグザグ走とクロスステップを用いて斜め後方に進む後方ジグザグ走の2種類とした。各ジグザグ走を2回ずつ実施し、スタート地点とゴール地点に設置した光電管（Dashr 2.0, Dashr Motion Performance Systems 社製）によりタイムを計測した。2回の測定タイムのうち良い方の記録を採用した。

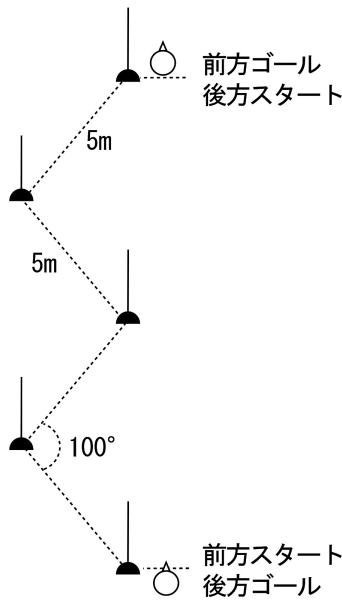


図4：ジグザグ走のセッティング

4. 統計

統計処理は、GraphPad Prism 9（GraphPad Software 社製）を用いて行い、Pearsonの積率相関係数により相関関係を評価した。なお、有意水準は5%とした。

III. 結果

表1に体幹機能テストとジグザグ走の結果の平均値および標準偏差を示した。また、体幹機能テスト時の波形例を図5、体幹機能テスト時のX軸角速度、Y軸角速度と前方ジグザグ走、後方ジグザグ走との相関係数を表2に示した。修正版フロントブリッジテストのX軸角速度と前方ジグザグ走、後方ジグザグ走との散布図を図6、図7に示した。修正版フロントブリッジテストにおいて、体幹回旋の動きを示すX軸周りの最大角速度と前方ジグザグ走（ $r=0.761, p=0.047$ ）、後方ジグザグ走（ $r=0.770, p=0.043$ ）との間に有意な正の強い相関を認めた。一方、体幹の屈曲・伸展の動きを示すY軸周りの最大角速度には相関を認めなかった。修正版バックブリッジテストについては、X軸周りの角速度およびY軸周りの角速度とジグザグ走のタイムとの間に相関を認めなかった。

表1：方向転換走と体幹機能テストデータの平均値±標準偏差

ジグザグ走	
前方 [s]	5.45 ± 0.13
後方 [s]	6.28 ± 0.40
修正版フロントブリッジテスト	
X軸角速度 [deg/s]	77.54 ± 20.16
Y軸角速度 [deg/s]	87.51 ± 20.01
修正版バックブリッジテスト	
X軸角速度 [deg/s]	132.17 ± 22.44
Y軸角速度 [deg/s]	55.10 ± 11.09

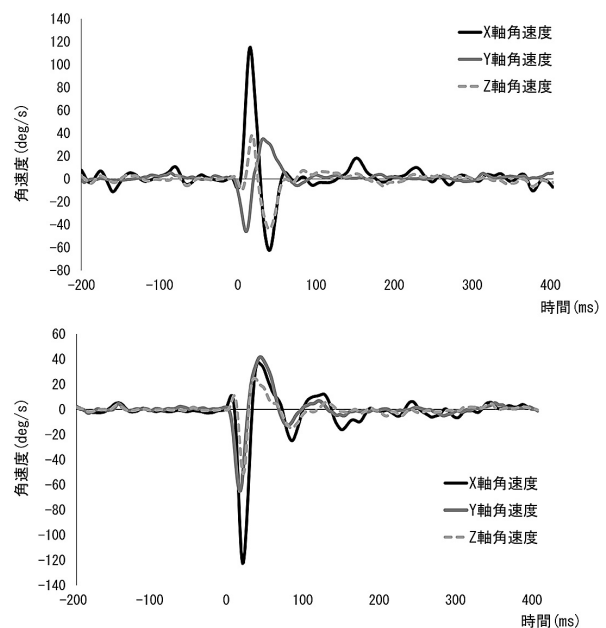


図5：修正版フロントブリッジテストの角速度波形  
（上）右足落下、（下）左足落下

表 2：体幹機能テストと方向転換走タイムとの相関関係

		前方ジグザグ走	後方ジグザグ走
修正版フロントブリッジテスト			
X軸角速度	r	0.761*	0.770*
	p	0.047	0.043
Y軸角速度	r	-0.052	-0.303
	p	0.911	0.509
修正版バックブリッジテスト			
X軸角速度	r	0.134	0.366
	p	0.775	0.420
Y軸角速度	r	-0.130	0.124
	p	0.781	0.791

\*p<0.05

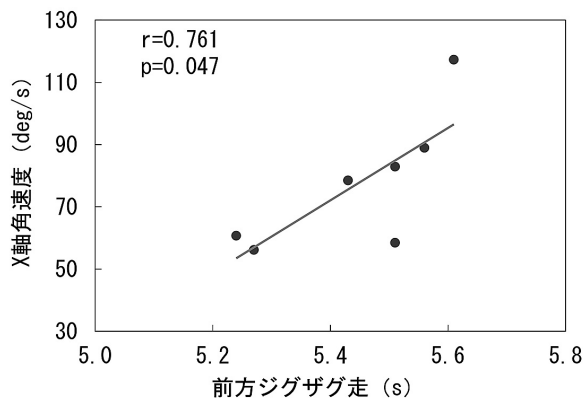


図 6：修正版フロントブリッジテストのX軸角速度と前方ジグザグ走の相関関係

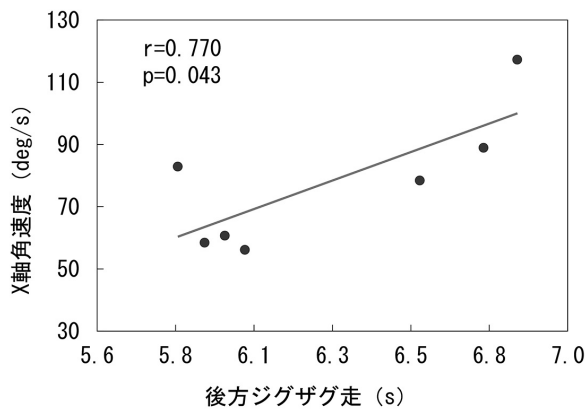


図 7：修正版フロントブリッジテストのX軸角速度と後方ジグザグ走の相関関係

#### IV. 考察

本研究では、体幹機能の評価として姿勢保持時間ではなく、不意な外乱に対する瞬時的な体幹コントロールを評価し、方向転換走との関係を明らかにすることを目的とした。結果として、腹臥位で行う修正版フロントブリッジテストの体幹回旋の角速度と方向転換走タイムとの間に強い正の相関を認め、方向転換走時には骨盤回旋の体幹コントロールが重要であることが示唆された。

#### 1. 体幹コントロールと方向転換走との関係

本研究の結果より、前向き、後ろ向きの方向転換走において体幹機能が関与していることが示され、方向転換走には体幹の動作コントロールが重要であるという先行研究 (Zemková & Zapletalová, 2022) と同様の結果を示した。方向転換走のパフォーマンスに必要な体幹機能としては、体幹の回旋や側屈に対する動作コントロールが重要であると報告されている (Marshall et al., 2014; Sasaki et al., 2011; Zemková & Zapletalová, 2022)。方向転換動作時の動作を調べた先行研究では、方向転換時の足の接地局面もしくはその前後一歩の解析が行われている。Sasaki et al. (2011) は、180度の方向転換において足の接地時間と体幹前後傾の変位がパフォーマンスに影響するとし、走タイムが速い人ほど接地時間が短く、体幹の変位が小さいと報告している。また、Marshall et al. (2014) は、75度の方向転換時の足の接地時間と骨盤の側方傾斜がパフォーマンスに関与し、接地時間が短い場合や骨盤の傾斜が小さい場合には方向転換パフォーマンスが優れていたことを報告している。骨盤を含む体幹部の姿勢や回旋、側方傾斜、屈曲・伸展の動作をコントロールするためには腹筋群の活動が重要となり、特に腹横筋、内腹斜筋、外腹斜筋といった腹斜筋群が大きな役割を担う。筋活動を調べた研究で体幹回旋に関わる外腹斜筋の活動が足の接地直前から大きな活動を示すことが報告されている (Mornieux et al., 2021; Oliveila et al., 2012)。方向転換動作における減速局面において、体幹部は大きな力を受け止める必要があり、さらに足の離地までに次の進む方向に身体を向け再度加速する必要がある。そのための準備段階として、足の接地前から体幹部の活動を高めるものと考えられ、足の接地時における体幹側屈と回旋のコントロールが重要になる。この時の体幹コントロールが不十分な場合、Sasaki et al. (2011) や Marshall et al. (2014) の報告にあるように体幹部が前後や左右に揺さぶられることになり、足の接地時間も長くなるため、結果としてタイムが遅くなるものと考えられる。

本研究で用いた修正版フロントブリッジテストでは、両手両足で姿勢を保持していた状態から片脚が落下するため、より早く反応して体幹の回旋動作と伸展動作に対する動作制御を行うことが求められる。先行研究において、足の落下動作を含まないが、フロントブリッジで片足保持を行う場合、両足と比べて内腹斜筋、外腹斜筋、腹直筋の活動が高くなり、体幹の回旋動作と伸展動作の制御をしていると報告されている (Bak et al., 2017; Pi et al., 2019)。本研究でも同様の筋活動様式を示すと推察されるが、勢いがついていることや不意な落下からの急激な力発揮となることから、特に腹斜筋群においてより大きな筋活動が要求されると考えられる。そして、これらの腹筋群の活動は方向転換動作時の筋活動様式 (Mornieux et al., 2021; Oliveila et al., 2012) と類似している。したがって、本研究では、体幹回旋の動作を示すX軸角速度

が小さい選手ほどジグザグ走タイムが速かったことから、不意な外乱に対して素早く適切な体幹コントロールができていた選手ほど、方向転換動作時の体幹コントロールにも優れていたと考えられる。

もう一つの体幹機能テストとして行った修正版バックブリッジテストでは方向転換走と相関を認めなかった。修正版バックブリッジテストでは、体幹回旋の動作制御と体幹屈曲の動作制御が求められる。そのため、バックブリッジの片脚保持時における筋活動を調べた研究では、両足に比べると内腹斜筋や外腹斜筋の活動が増加するが (Bak et al., 2016)、フロントブリッジと比べると腹筋群の活動量は小さく、脊柱起立筋や大殿筋の貢献が大きくなる。方向転換動作時においても脊柱起立筋の活動が生じ、腹筋群との共同収縮がみられるが (Mornieux et al., 2021, Oliveila et al., 2012)、修正版バックブリッジテストでは腹筋群の貢献が小さく、方向転換動作時に求められるだけの負荷がかかっていなかった可能性が考えられる。

## 2. 体幹機能テストの有用性

体幹機能と方向転換走との関係を調べた先行研究では、一定の姿勢を保持する体幹筋の筋持久力を評価しており、方向転換走とは相関がないか、相関があったとしても低いもしくは中程度の相関であると報告されている。一方、本研究では瞬間的な体幹コントロールを評価するため、どちらの足が落下するかわからない状況で不意のタイミングで足を落下させた際の体幹部の動きを評価した。足の落下時における体幹回旋と体幹屈曲伸展の角速度を動きの指標として方向転換走タイムとの相関を調べた結果、修正版フロントブリッジテスト時の体幹回旋軸における角速度と方向転換走のタイムに強い相関を認めた。方向転換動作時には体幹の側屈や回旋の動作制御が重要であるが、修正版フロントブリッジテストにおいても同様の体幹機能が求められると考えられることから、修正版フロントブリッジテストはサッカーのように方向転換動作を含むスポーツ種目における運動選手の体幹機能テストとして有用である可能性が示唆された。

今後は、本研究の結果をより幅広く活用していくために、女性や大学生以外の年代、異なるスポーツ種目を対象とした研究を行い、テストの有用性を検討していく必要がある。また、方向転換走の測定においても決められた方向への動作だけでなく、リアクション動作を反映した非予測の方向転換走や、その他の運動パフォーマンスとの関係についても検討することが必要であると考えられる。さらに、体幹トレーニングによって方向転換走が向上することが報告されていることから (Doğanay et al., 2020)、トレーニング介入による体幹機能の変化と方向転換パフォーマンスの変化についても検討していきたい。

## V. 結論

本研究では、不意な外乱に対する体幹コントロールと方向転換走との関係を調べた結果、修正版フロントブリッジテストにおける骨盤回旋の角速度とジグザグ走との間に強い相関を認めた。したがって、骨盤回旋の体幹コントロールは方向転換走に必要な体幹コントロールを反映している可能性があり、運動選手における体幹機能テストとして有用である可能性が示唆された。

## VI. 謝辞

本研究は JSPS 科研費 JP19K19976 の助成を受けて実施した。

## 参考・引用文献

- Abdelraouf OR, Abdel-Aziem AA. The relationship between core endurance and back dysfunction in collegiate male athletes with and without nonspecific low back pain. *Int J Sports Phys Ther.* 11 (3):337-44, 2016.
- Bak J, Cho M, Chung Y. The Effects of Performing a One-legged Bridge with Hip Abduction and Unstable Surface on Trunk and Gluteal Muscle Activation in Healthy Adults. *J Kor Phys Ther.* 28 (3):205-211, 2016.
- Bak J, Shim S, Cho M, Chung Y. The Effect of Plank Exercises with Hip Abduction Using Sling on Trunk Muscle Activation in Healthy Adults. *J Kor Phys Ther.* 29(3):128-134, 2017.
- Choi K, Bak J, Cho M, Chung Y. The effects of performing a one-legged bridge with hip abduction and use of a sling on trunk and lower extremity muscle activation in healthy adults. *J Phys Ther Sci.* 28(9):2625-2628, 2016.
- Doğanay M, Bingül BM, Álvarez-García C. Effect of core training on speed, quickness and agility in young male football players. *J Sports Med Phys Fitness.* 60 (9):1240-1246, 2020.
- Little T, Williams AG. Specificity of acceleration, maximum speed, and agility in professional soccer players. *J Strength Cond Res.* 19(1):76-8, 2005.
- Marshall BM, Franklyn-Miller AD, King EA, Moran KA, Strike SC, Falvey EC. Biomechanical factors associated with time to complete a change of direction cutting maneuver. *J Strength Cond Res.* 28 (10):2845-51, 2014.
- Mornieux G, Gehring D, Gollhofer A. Is There a Sex Difference in Trunk Neuromuscular Control among

- Recreational Athletes during Cutting Maneuvers? *J Sports Sci Med.* 20(4):743-750, 2021.
- Nesser TW, Huxel KC, Tincher JL, Okada T. The relationship between core stability and performance in division I football players. *J Strength Cond Res.* 22: 1750-1754, 2008.
- Nesser TW, Lee WL. The relationship between core strength and performance in division I female soccer players. *JEP Online.* 12:21-28, 2009.
- Okada T, Huxel KC, Nesser TW. Relationship between core stability, functional movement, and performance. *J Strength Cond Res.* 25(1):252-61, 2011.
- Oliveira AS, Silva PB, Lund ME, Kersting UG, Farina D. Fast changes in direction during human locomotion are executed by impulsive activation of motor modules. *Neuroscience.* 228:283-93, 2013.
- Pi TJ, Cho M, Shim S, Jung J, Chung Y. Comparison of trunk muscle activity according to hip abduction angle during plank exercise. *Phys Ther Rehabil Sci.* 8(3):162-169, 2019.
- Sasaki S, Nagano Y, Kaneko S, Sakurai T, Fukubayashi T. The Relationship between Performance and Trunk Movement During Change of Direction. *J Sports Sci Med.* 10(1):112-8, 2011.
- Sharrock C, Cropper J, Mostad J, Johnson M, Malone T. A pilot study of core stability and athletic performance: is there a relationship? *Int J Sports Phys Ther.* 6(2): 63-74, 2011.
- Zemková E, Zapletalová L. The Role of Neuromuscular Control of Postural and Core Stability in Functional Movement and Athlete Performance. *Front Physiol.* 13:796097, 2022.

# The relationship between trunk control under an unanticipated load and running performance of change in direction

Atsushi IMAI

**Abstract** : The purpose of this study was to clarify the relationship between the trunk control under an unanticipated load and running performance of change in direction and to consider the effectiveness of trunk function test for athletes. Seven male collegiate football players participated in this study. The participants took the modified front and back bridge tests for trunk control under an unanticipated load and forward and backward zigzag running tests for running performance of change in direction. An inertial sensor was used to assess the angular velocity of trunk rotation and flexion-extension during the trunk functional tests. The relationships between the maximal angular velocity during trunk functional tests and the time of zigzag running tests were evaluated. As a result, the angular velocity of the trunk rotation during the modified front bridge test significantly correlated with the forward ( $r=0.761$ ,  $p=0.047$ ) and backward ( $r=0.770$ ,  $p=0.043$ ) zigzag running tests. During the modified front bridge test, trunk control under an unanticipated load was significantly associated with running performance of change in direction. The modified front bridge test is suggested to be useful as a trunk function test for athletes.

**Keywords** : core muscle, core stability, motor control, postural control, change of direction