

科学研究費助成事業 研究成果報告書

令和元年7月3日現在

機関番号：32509

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2015～2018

課題番号：15K16484

研究課題名(和文) 下肢三関節の局所的筋力トレーニングによる多関節運動の変容

研究課題名(英文) Alteration of dynamic multi joint movement due to the regional muscle strengthening exercise in the lower body

研究代表者

荒川 裕志 (ARAKAWA, Hiroshi)

国際武道大学・体育学部・准教授

研究者番号：20591887

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,200,000円

研究成果の概要(和文)：本研究課題では、疾走の最高速度に対する相対的な加速能力の高さを決定する体力的・動作的要因は何かについての検討を行った。運動部に所属する男子大学生26名を対象に、下肢筋力、身体各部位の周径、最高疾走速度に対する相対的な加速能力の指標(加速指数)の算出、加速動作のバイオメカニクス的分析を行った。その結果、最高疾走速度に対して加速が相対的に速い者ほど、加速時の接地時間が長い、身体重心に対してより前方に接地する、キック中の股関節伸展角度変位が大きい、地面反力の推進成分のピーク値は小さい、キック中における股関節仕事量は大きい傾向にある、という結果が認められた。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究のオリジナリティは、疾走の最高速度に対する相対的な加速能力の指標となる指数(加速指数)を算出したことである。これまで、疾走の加速能力そのものとその他の変数との関係を検討した研究は行われてきた。しかしながら、加速能力は最高疾走速度の影響を受ける変数であるため、それらの研究では何の変数が加速能力と因果関係を持つのか?という問いに迫ることが難しい。本研究では、加速指数の算出によってこの問題を解決するとともに、加速能力が優れる者ほど足を体の前側に接地し、長い時間をかけ、かつ大きな股関節の可動域で地面をキックするという示唆を得ることができた。

研究成果の概要(英文)：In this study, we investigated physical and biomechanical factors related to the performance of acceleration phase in sprinting. Twenty-six male collegiate athletes participated in this study. As variables, isokinetic muscle strengths of lower joints, circumferences of the body, kinematic and kinetic parameters by motion analysis, were evaluated. In addition, the acceleration index (Acc. Index) was calculated to evaluate the performance of the acceleration phase relative to the maximum speed. As results, it was found that participants with relatively higher acceleration performance demonstrated (1) longer contact time during stance phase, (2) more forward foot contact from COM, (3) greater angular displacement of hip extension during the stance, (4) smaller peak horizontal (propulsive) GRF during the stance, and (5) tendency of greater hip joint work during the stance.

研究分野：バイオメカニクス、トレーニング科学

キーワード：バイオメカニクス 動作分析 疾走 加速 スタートダッシュ 股関節 筋力 モーションキャプチャ

様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19、CK - 19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

スポーツにおいて筋力は競技能力を左右する重要な因子であるため、現場では筋力トレーニングが広く実施される。筋力トレーニングは、特定の筋・関節動作に標的を定めて行うのが一般的であり、筋力向上効果は実施した部位へ特異的に表れる。従って、アスリートが筋力トレーニングを実施する場合には、競技特性やプレースタイルに合わせ、実動作との関連が深い部位に重点をおいて実施するのが理想的といえる。しかしながら、各部位の強化が実際の競技動作や競技パフォーマンスに与えるインパクトは十分に解明されておらず、部位別の筋力と動き・パフォーマンスとの関係は不明点が多い。局所的な筋力向上が多関節運動の変容に与える影響が明らかになれば、競技特性や個性に合わせたトレーニング処方への有益な示唆を現場に提供できると考えられる。

2. 研究の目的

上記のような背景から、本研究課題では、局所的な筋力及び筋力トレーニングと実際のスポーツ動作との関係について検討することを当初の目的とした。実際のスポーツ動作として、研究開始当初は多くの競技に含まれるスプリント動作および跳躍動作に着目した。しかしながら研究の進行に伴い、多くの競技で必要とされるスプリント動作の特に加速動作に着目することとし、最高疾走速度に対する加速能力の高さを決定する体力的・動作的要因を探ることをもう一つの目的として研究を行った。

3. 研究の方法

研究開始当初のねらいは上記の通りであったが、その後の検討及び研究代表者の所属機関変更による研究環境の変化に伴い、縦断研究は実施せずに横断研究のみを実施するものとし、実験方法の詳細は下記の通りである。

(1) 被験者

大学運動部に所属する学生(陸上競技(短距離):4名、陸上競技(跳躍):4名、野球:3名、サッカー:5名、バスケットボール:3名、ラグビー:4名、ソフトボール:2名、ビーチフラッグ:1名)26名(年齢 [yrs]: 19.9 ± 1.2 、身長 [m]: 1.73 ± 0.05 、体重 [kg]: 67.4 ± 7.1 、体脂肪率 [%]: 10.6 ± 2.3)とした。体重及び体脂肪率については InBody 770 (Biospace 社製)にて軽装の状態での測定を行った。被験者の選出については、各所属クラブの監督及びコーチがより疾走能力が高いと判断した選手を対象者とした。

(2) 下肢筋力の測定

等速性筋力測定装置 (Biodex system3) を用いて膝関節および股関節の伸展・屈曲筋力を測定した。計測時の関節角速度は高速度条件(180/deg)および低速度条件(60deg/s)とし、片脚(右)のみ測定した。研究開始当初は足関節の底屈・背屈筋力も評価する計画であったが、スプリント動作への関与が比較的小さいという判断から測定項目からは除外された。

(3) 形態計測

身体各部位の筋量を反映する指標として周径囲を測定した。計測にはステンレス製のメジャー (MURATEC-KDS 社製) を用いた。計測位置は上腕(近位 60%部位)、前腕(近位 30%部位)、大腿(近位 50%部位)、下腿(近位 30%部位)、胸囲、腹囲、殿囲とした。

(4) 疾走能力測定

レーザー式速度測定器 (Trusense S210、Laser Technology 社製) を用いて各被験者の疾走能力を測定した。測定は屋外陸上競技上での全力による 60m 走とした。最大疾走速度を算出するとともに、最小二乗法を用いて疾走速度曲線の実測値を次の式でモデル化することにより、最大疾走速度に対する加速局面の相対的な速さを定量的に評価するための加速指数 (I) を算出した。

$$V_{a(t)} = V_{\max}(1 - \exp^{-It})$$

(5) 動作分析実験

光学式三次元モーションキャプチャシステム (VICON MX、Oxford Metrics 社製) およびフォースプラットフォーム (Kistler 社製) を用いてスタートダッシュ動作の分析を行った。スタート後 2 歩目の接地から 3 歩目の離地までを分析区間とした。直径 12 mm の反射マーカーを全身計 43 箇所のランドマーク位置に貼付し、サンプリング周波数 200Hz で計測を行った。データ解析ソフトウェア (MATLAB) を用い、全身を 15 個の剛体セグメントモデルであると仮定して各キネマティクス、キネティクス変数を算出した。

4. 研究成果

(1) 筋力ならびに周径囲と加速指数の関係

加速指数及び動作分析実験の結果と等速性筋力ならびに体重当たり等速性筋力との間に有意

な相関関係は認められなかった。一方、各周径圍と加速指数との間に有意な相関関係は認められなかったものの、下腿周径圍に対する大腿周径圍の大きさと加速指数との間には正の相関傾向が認められた ($r = 0.365$, $p = 0.073$)。

(2) 加速動作におけるキネマティクス変数と加速指数の関係

加速動作の動作分析によるキネマティクスの解析の結果、加速指数と3歩目の接地時間との間に有意な正の相関関係が認められた ($r = 0.435$, $p = 0.020$: 図1)。一方、加速指数とストライド長 ($r = 0.058$, $p = 0.779$)、ストライド頻度 ($r = -0.125$, $p = 0.543$)、滞空時間 ($r = -0.270$, $p = 0.182$) との間には有意な相関関係が認められなかった。これらの結果から、最大疾走速度に対して加速能力が高いものほど、加速局面においてより長い接地時間で地面をキックしていた様子が示された。

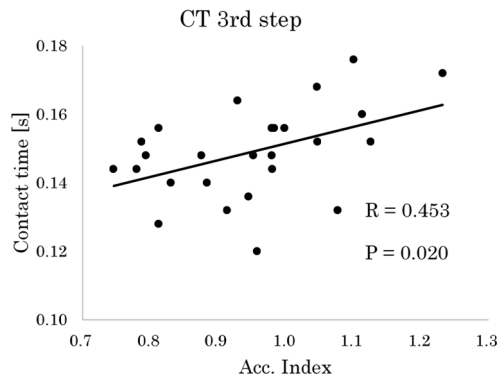


図1. 加速指数と3歩目の接地時間との関係

2歩目及び3歩目の接地時における身体重心の位置を分析した結果、身体重心に対する前後方向の接地点と加速指数との間に有意な相関関係が認められた(2歩目: $r = 0.438$, $p = 0.029$ 及び3歩目: $r = 0.516$, $p = 0.008$: 図2)。この結果は、加速能力が相対的に高い者ほど、脚を大きく振り出すことで、身体重心のより前方に足を接地していたことを意味する。さらに、2歩目の接地局面における股関節伸展角度の変位と加速指数との間に有意な相関が認められた ($r = 0.511$, $p = 0.008$)。これらの結果をまとめると、最高疾走速度に対して加速能力が相対的に優れている者ほど、長い時間をかけ、かつ身体のより前方に接地して股関節の広い可動域を用いて地面をキックしていたことが示唆される。

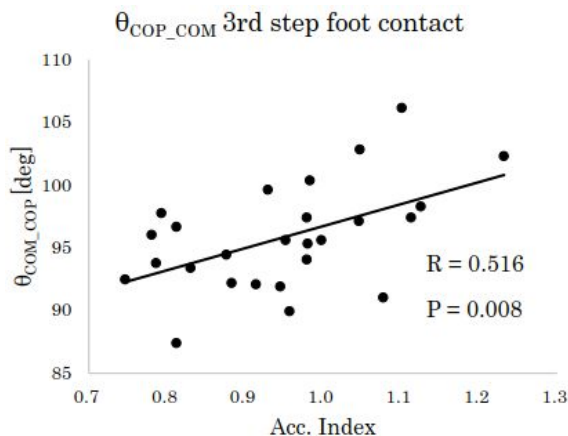


図2. 加速指数と3歩目接地時における身体重心位置との関係

(3) 加速動作におけるキネティクス変数と加速指数の関係

地面反力の推進成分について検討した結果、そのピーク値と加速指数との間に有意な負の総関係が認められた ($r = -0.567$, $p = 0.004$)。さらに、加速指数と各関節のキネティクス変数との関係を検討したところ、加速指数と股関節伸展のピークトルクパワーはほぼ無相関であったのに対し ($r = 0.044$, $p = 0.840$)、加速指数と股関節仕事量の間には正の相関傾向が認められた ($r = 0.387$, $p = 0.062$: 図3)。前述のキネマティクス変数の結果を踏まえると、最高疾走速度に対して加速能力が相対的に優れている者ほど、接地期において股関節を支点に脚全体を広い可動域で動かしながら、長い時間をかけて地面をキックしたと解釈される。

これらの結果から、加速能力が相対的に高い者は、比較的低速といえる加速局面においてすでに、高速疾走局面において一般に求められる股関節を中心とした脚スイング型の動作的特徴を一部有していたことが示唆された。

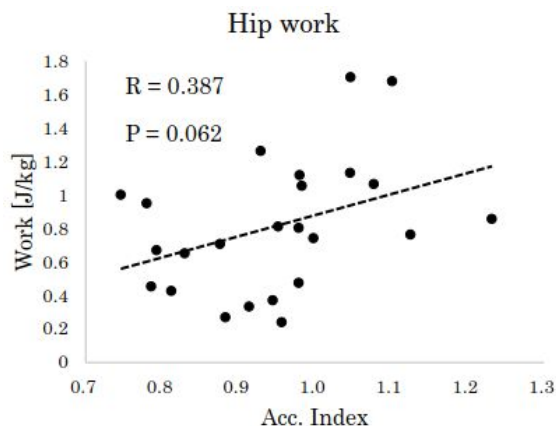


図3. 加速指数と股関節仕事量との関係

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕(計2件)

Arakawa H, Kumagawa D, Fujisaki I, Ozawa Y, Ishige Y, Development of the Rope-Climbing Ergometer for Physical Training and Testing, Sports Medicine International Open, 査読有, vol.4(1), 2017, E128-134

Inaba R, Arakawa H, Manabe Y, Comparison of the acceleration phase of sprinting between college sprinters and college baseball players, ISBS Proceedings Archive, 査読有, Iss.1, 2018, 710-713

〔学会発表〕(計3件)

Arakawa H, Mori M, Tanimoto M, Three-dimensional Biomechanical Comparisons of Hip and Knee Joint Moments between One-leg and Two-leg Squats at the Same RM Intensities. 40th NSCA Annual National Conference, 2017

稲葉 礼史, 荒川 裕志, 眞鍋 芳明, 大学野球選手は同陸上競技選手よりも疾走動作の加速能力が高いか?、日本野球科学研究会 第5回大会、2017

Inaba R, Arakawa H, Manabe Y, Comparison of the acceleration phase of sprinting between college sprinters and college baseball players, 36th International Conference on Biomechanics in Sports 2018, 2018

〔図書〕(計6件)

荒川 裕志, マイナビ、自宅のできる自重筋カトレーニング、2015、176

荒川 裕志, ナツメ社、筋肉の使い方・鍛え方パーフェクト事典、2015、256

荒川 裕志, PHP 研究所、関節が柔らかくなるストレッチ&筋トレ、2015、192

荒川 裕志, 日本文芸社、世界一使える筋トレ完全ガイド、2018、191

谷本 道哉, 荒川 裕志 他, ナツメ社、使える筋肉・使えない筋肉 アスリートのための筋カトレーニングバイブル、2018、256

荒川 裕志, ナツメ社、筋肉の動き方・効かせ方パーフェクト事典、2019、256

〔産業財産権〕

出願状況(計0件)

名称:

発明者:

権利者:

種類:

番号:

出願年:

国内外の別:

取得状況(計0件)

名称:

発明者:

権利者:

種類:

番号：
取得年：
国内外の別：

〔その他〕
ホームページ等

6. 研究組織

(1) 研究分担者

研究分担者氏名：

ローマ字氏名：

所属研究機関名：

部局名：

職名：

研究者番号（8桁）：

(2) 研究協力者

研究協力者氏名：稲葉 礼史

ローマ字氏名：INABA Reiji

研究協力者氏名：眞鍋 芳明

ローマ字氏名：MANABE Yoshiaki

研究協力者氏名：谷本 道哉

ローマ字氏名：TANIMOTO Michiya

科研費による研究は、研究者の自覚と責任において実施するものです。そのため、研究の実施や研究成果の公表等については、国の要請等に基づくものではなく、その研究成果に関する見解や責任は、研究者個人に帰属されます。