

## 科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 26 年 6 月 25 日現在

機関番号：34411

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2011～2013

課題番号：23700756

研究課題名(和文) 東アフリカ中長距離選手の圧倒的な走りの強さの秘訣に神経・筋腱機能から迫る

研究課題名(英文) Can measures of neuromuscular interaction reveal the superiority of East-African endurance runners?

研究代表者

石川 昌紀 (Ishikawa, Masaki)

大阪体育大学・体育学部・准教授

研究者番号：20513881

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,600,000円、(間接経費) 1,080,000円

研究成果の概要(和文)：東アフリカ中・長距離陸上競技選手の強さに着目し、生理的指標から競技力に関係する要因について調査されてきたが、決定的な要因は明らかにされていない。本研究は、彼らのランニングスタイルを可能にする筋腱の形態的特徴、さらに彼らの効率的な走行を可能にする筋腱の機能特性に着目し調査した。その結果、彼らの下腿の長いアキレス腱と短い腓腹筋の筋束長が効率的な走行を可能にしている点、またこれまでの通説と異なり、彼らの長いアキレス腱モーメントアームが走効率を高める上で重要であることが明らかとなった。つまり、彼らの高いランニング効率は、彼らの形態的特徴を生かした少ない筋活動での走行がキーになることが明らかとなった。

研究成果の概要(英文)：The superior success of East-African middle- and long-distance runners has stimulated large amount of interest to explore valid reasons for their performance. However, their high running economy could not be explained by any of the physiological and/or histochemical parameters. Therefore, the purpose of the present study was to examine whether the East-African runners possess a particular type of triceps surae muscle-tendon complex, which could favor high running economy. East African and Japanese middle- and long-distance male runners, who participated in major national and/or international running competitions, were recruited for this study. Our results clearly showed that the specific neuromuscular interaction utilizing inherent anatomical benefits for the East-African distance runners, such as great Achilles tendon moment arm and short muscle length, could be a unique alternative to the classic stretch-shortening cycle concept for enhancing endurance running performance.

研究分野：総合領域

科研費の分科・細目：スポーツ科学

キーワード：ケニア 東アフリカ エチオピア 弾性エネルギー アキレス腱 ランニングエコノミー アキレス腱モーメントアーム 超音波

### 1. 研究開始当初の背景

1960年のローマオリンピックでエチオピアの選手がマラソンランナーとして初の金メダルを獲得し、世界新を打ちたた。それ以来、東アフリカの中・長距離陸上競技選手の活躍は目覚ましく、彼らの身体能力の強さについての研究が進められている。しかしながら、最大酸素摂取量や筋組成など生理学的な手法を用いた研究データからは、彼らの競技力を説明する決定的な要因を明らかにすることができなかった。子供時代からの長い距離の走行通学や裸足走行、心理的な要因や、低カロリー食など環境的要因を示唆する研究も多いが、彼らの競技力の高さとの関係は未だに示されていない。アフリカ人選手を対象に精力的に研究されてきた Prof. Saltin や Prof. Noakes らは、バイオメカニクス研究、特に効率的な走行を可能にするランニング動作や効率的な筋腱の働きが彼らの競技力のキーになると示唆している。

### 2. 研究の目的

我々は、東アフリカ中・長距離陸上選手特有の走り方に着目し、彼らのランニングスタイルを可能にする下肢の筋腱の形態の特徴、効率的な走行を可能にする筋腱の機能特性とそれらを調整する神経系の働きについて明らかにすることを目的とした。

### 3. 研究の方法

本研究では、非侵襲性超音波筋腱動態測定法を用いて、東アフリカのトップアスリートの下肢の筋腱形態・機能特性を明らかにするために、世界陸上連盟とその High Performance Training Center (Eldoret, Kenya) での計測測定の許可を得、東アフリカの中・長距離陸上種目のトップアスリートと一般東アフリカ黒人の下肢筋腱の形態特性を超音波装置を用いて明らかにし、彼らのランニングやジャンプ運動中の下肢筋腱の動態とそれらをコントロールしている筋活動を測定した。これらのデータは、日本人中・長距離陸上選手をコントロール群として比較を行った。

### 4. 研究成果

一般的に反動を伴う Stretch-shortening cycle (SSC) 運動では、腱の弾性を効果的に利用することで効率の良い運動が可能とされている。しかしながら、東アフリカの選手は、SSC で考えられていた主動筋の高い事前筋活動や接地中の伸張反射を伴う高い筋活動が観察されず、アキレス腱の伸張・短縮量も少なかった。先行研究と異なり彼らのアキレス腱モーメントアームは長く、競技成績との関係を調べた結果、アキレス腱長とアキレス腱モーメントアームの長さが競技成績とそれぞれ正の相関関係にあった。走運動では、接地前と伸張反射を伴う伸張局面の高い筋活動が、関節スティフネスを高め、腱の弾性

エネルギーの貯蔵と再利用を増大しランニングエコノミーを高めるとされていた。しかしながら、東アフリカトップレベルの中・長距離選手の走運動中の筋活動は、接地前・接地後の伸張局面で非常に小さかった。しかも、接地中の腓腹筋筋束の長さ変化は小さく、アキレス腱の伸張・短縮量も少なかったことから、競技力や運動効率を高める SSC 運動のコンセプトとは異なる神経・筋腱の振る舞いが東アフリカトップレベルの中・長距離選手で確認された。

結論として、東アフリカトップレベルの中・長距離選手は、彼ら特有の形態的特徴を活かし、走運動中の腱の伸張・短縮量や筋の短縮活動を少なくすることで、エネルギー消費を少なくし、高いランニングエコノミーでの走行を可能にしており、これまでの効率的運動のコンセプトとは異なる新たな運動効率を高めるコンセプトが提案された。

### 5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文](計 3 件)

Kunimasa Y, Sano K, Oda T, Nicol C, Komi PV, Locatelli E, Ito A, Ishikawa M. Specific muscle-tendon architecture in elite Kenyan distance runners. Scand J Med Sci Sports, 2014. DOI: 10.1111/sms.12161(査読有)

Ishikawa M, Sano K, Kunimasa Y, Oda T, Nicol C, Ito A, Komi PV. Economical running strategy for East African distance runners. J Phys Fitness Sports Med 1, 361-363, 2013. DOI: 10.7600/jpfsm.2.361(査読有)

Sano K, Ishikawa M, Nobue A, Danno Y, Akiyama M, Oda T, Ito A, Hoffren M, Nicol C, Locatelli E, Komi PV. Muscle-tendon interaction and EMG profiles of world class endurance runners during hopping. Eur J Appl Physiol 113, 1395-1403, 2013. DOI: 10.1007/s00421-012-2559-6 (査読有)

[学会発表](計 17 件)

Ishikawa M, Sano K, Kunimasa Y, Nicol C, Oda T, Ito A, Komi PV. Tendon elastic energy utilization in elite African runners. 7<sup>th</sup> world congress of biomechanics, 2014年07月06日-11日, Massachusetts, USA.(招待講演)

石川昌紀, 佐野加奈絵, 国正陽子, Komi PV. 肉体的特徴から東アフリカ陸上競技選手の走りの特徴を探る. 第26回ランニング学会大会, 2014年03月20日

-21日,大阪体育大学,大阪.(招待講演)

**石川昌紀**. 長距離王国・ケニアの強さに迫る. バイオメカニクスの立場から. 第74回日本トレーニングカンファレンス, 2014年01月12日, 立命館大学, 滋賀県.(招待講演)

岩崎正徳, 国正陽子, 佐野加奈絵, 久野峻幸, 小田俊明, 神崎浩, 村元辰寛, **石川昌紀**. 競技スポーツ種目の違いによる腓腹筋のstiffness特性. 第26回日本トレーニング科学会大会, 2013年11月08日-09日, ZA0たいらぐら, 山形県.

佐野加奈絵, 国正陽子, 小田俊明, **石川昌紀**, 伊藤章. 東アフリカ中・長距離陸上競技選手の走運動中における筋腱の振る舞い. 第64回日本体育学会大会, 2013年08月28日-30日, 立命館大学, 滋賀県.

豊田洋平, 久野峻幸, 国正陽子, 佐野加奈絵, 楠本一樹, 兒玉友, **石川昌紀**, 小田俊明. ケニア人陸上競技中・長距離ランナーにおける下腿部筋腱の力学的特性. 第64回日本体育学会大会, 2013年08月28日-30日, 立命館大学, 滋賀県.

Oda T, Toyoda Y, Hisano T, Kusumoto K, Kunimasa Y, Sano K, **Ishikawa M**. Effects of mechanical properties of muscle and tendon on performance in junior long distance runners. 14<sup>th</sup> Congress of the international society of biomenchanics, 2013年08月04日-09日, Natal, Brazil.

**Ishikawa M**, Sano K, Kunimasa Y, Oda T, Nicol C, Locatelli E, Komi PV, Ito A. Can measures of muscle-tendon interaction reveal the superiority of east African endurance runners? 14<sup>th</sup> Congress of the international society of biomenchanics, 2013年08月04日-09日, Natal, Brazil.

**Ishikawa M**, Kunimasa Y, Sano K, Oda T, Nicol C, Komi PV, Locatelli E, Ito A. Neuromuscular interaction during running for elite long-distance runners. 18<sup>th</sup> annual Congress of the European College of Sport Science, 2013年06月26日-29日, Barcelona, Spain. (招待講演)

Kunimasa Y, Sano K, Oda T, Nicol C,

Komi PV, Locatelli E, Ito A, **Ishikawa M**. Specific muscle-tendon architecture in elite Kenyan distance runners. 18<sup>th</sup> annual Congress of the European College of Sport Science, 2013年06月26日-29日, Barcelona, Spain.

Oda T, Toyoda Y, Hisano T, Kusumoto K, Kunimasa Y, Sano K, **Ishikawa M**. Faster distance runners have more compliant Achilles tendons. 18<sup>th</sup> annual Congress of the European College of Sport Science, 2013年06月26日-29日, Barcelona, Spain.

**石川昌紀**. ヒト身体運動中の神経筋機能 東アフリカ長距離選手の強さの秘密に, 神経・筋機能から迫る. BioMech Forum 第69回研究会, 2013年6月22日, 大阪大学, 大阪府.(招待講演)

国正陽子, 佐野加奈絵, 團野亮人, 信江彩加, 久野峻幸, 小田俊明, **石川昌紀**. ケニア人陸上中・長距離選手のアキレス腱とアキレス腱モーメントアームの特徴. 第25回日本トレーニング科学大会, 2012年12月1-2日, 立命館大学, 滋賀県.

豊田洋平, 兒玉友, 久野峻幸, 楠本一樹, **石川昌紀**, 小田俊明. 高校生長距離ランナーにおける下腿部筋腱の力学的特性とパフォーマンスとの関係. 第25回日本トレーニング科学大会, 2012年12月1-2日, 立命館大学, 滋賀県.

国正陽子, 團野亮人, 佐野加奈絵, 信江彩加, 久野峻幸, 小田俊明, **石川昌紀**. 陸上中・長距離選手のアキレス腱とアキレス腱モーメントアームの特徴. 第67回日本体力医学会大会, 2012年9月14-16日, 長良川国際会議場・岐阜都ホテル, 岐阜県.

秋山真信, 佐野加奈絵, 團野亮人, 小田俊明, 伊藤章, **石川昌紀**. ケニア人中・長距離陸上選手の走動作中における筋腱動態. 第22回日本バイオメカニクス学会大会, 2012年9月11-13日, 北翔大学, 北海道.

**石川昌紀**. ヒトの運動能力の限界とそのトレーニングの可能性. 大阪市スポーツ大学 2011-2013 (財)大阪市スポーツ・みどり振興協会.(公開講座講演)

{図書}(計 0件)

〔産業財産権〕  
出願状況(計 0件)

名称：  
発明者：  
権利者：  
種類：  
番号：  
出願年月日：  
国内外の別：

取得状況(計 0件)

名称：  
発明者：  
権利者：  
種類：  
番号：  
取得年月日：  
国内外の別：

〔その他〕

ホームページ等  
<http://neuromusculo.muse.bindsite.jp/index.html>

報道・番組  
NHK スペシャル ミラクルボディー マラソン最強軍団 持久力の限界に挑む 2012年7月16日放送

NHK 放送記念日特集 ロンドン五輪を100倍楽しもう 2012年3月23日(金)放送

読売新聞 ロンドン五輪 2012 超人の科学 マラソン 快足ケニア 燃費抜群...陸上 2012年8月10日掲載

雑誌特集

Newton 2012年8月号『世界最速の科学』世界記録の科学, p16-p29.

受賞歴

2013 Young investigators award (co-author: Kunimasa Y)  
Specific muscle-tendon architecture in elite Kenyan distance runners. 18<sup>th</sup> annual Congress of the European College of Sport Science, 2013年06月26日-29日, Barcelona, Spain.

トレーニング科学研究 奨励賞  
国正陽子, 佐野加奈絵, 團野亮人, 信江彩加, 久野峻幸, 小田俊明, 石川昌紀. ケニア人陸上中・長距離選手のアキレス腱とアキレス腱モーメントアームの特徴. 第25回日本ト

レーニング科学大会, 2012年12月1-2日, 立命館大学, 滋賀県.

日本体育学会第64回大会組織委員会企画「若手研究奨励賞」最優秀賞  
佐野加奈絵, 国正陽子, 小田俊明, 伊藤章, 石川昌紀. 東アフリカ中・長距離陸上競技選手の走運動中における筋腱の振る舞い. 日本体育学会第64回大会, 2013年8月28-30日, 立命館大学.

6. 研究組織

(1) 研究代表者

石川 昌紀 (ISHIKAWA Masaki)  
大阪体育大学大学院スポーツ科学研究科・准教授  
研究者番号: 20513881

(2) 研究分担者

( )

研究者番号:

(3) 連携研究者

KOMI V Paavo  
University of Jyväskylä, Finland, Ph.D. Prof.  
研究者番号:

NICOL Caroline  
Aix-Marseille University, France, Ph.D. Prof.  
研究者番号:

小田俊明 (ODA Toshiaki)  
兵庫教育大学・准教授  
研究者番号: 10435638

伊藤章 (ITO Akira)

大阪体育大学・教授  
研究者番号: 80067248

