

令和元年6月22日現在

機関番号：34411

研究種目：研究活動スタート支援

研究期間：2017～2018

課題番号：17H07267

研究課題名(和文)多様なヒトの骨格・筋・腱形態の特徴と可塑性

研究課題名(英文) Diversity and plasticity of muscle-tendon architecture

研究代表者

国正 陽子 (Kunimasa, Yoko)

大阪体育大学・体育学部・助手

研究者番号：20804355

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 2,100,000円

研究成果の概要(和文)：本研究では、運動能力と密接に関係するヒトの下肢骨格・筋・腱形態が発育・発達やスポーツ活動の影響を受けてどのように変化するのかを明らかにするために、乳幼児から成人、一般人からアスリートまで様々なヒトの骨格・筋腱形態の大規模形態データベースを構築した。そして、大規模形態データベースを用いて発育期の子どもの形態変化や競技アスリートの下肢骨格・筋腱形態の競技特性について検討した。その結果、同一種族のヒトにおいても異なる母集団によって、骨格・筋腱の形態は異なり、これらの形態的特徴はそれぞれの身体運動中の下肢の動作や力学的負荷特性と関連している可能性が示された。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究で構築されたヒト生体の骨格・筋腱のビッグデータは、ヒトという同一種族内における骨格・筋腱の形態的・機能的多様性の理解に繋がるものとなる。さらに、「走る・跳ぶ・泳ぐ・滑る・投げる」等、多様な身体運動を可能にしてきたヒトの進化の過程や運動の調整メカニクスの理解に繋がることも期待できる。加えて、ジュニアやシニアのアスリートの指導現場においては、筋量のみを焦点を当てた従来のトレーニングではなく、骨格・筋腱の形態的・機能的特性を理解したトレーニング指導や方法のイノベーションが求められる。そのことから、本研究から得られた知見が一般の方々やアスリートの身体運動能力向上に活かされることを期待している。

研究成果の概要(英文)：The present study developed the big database of the muscle-tendon architecture. We recruited more than 6000 subjects and measured their length and cross-sectional area of the Achilles tendon (AT) and Patellar tendon (PT). We also measured the length, thickness and pennation angle of the medial gastrocnemius muscle (MG) as well as the AT moment arm. Using this data, we determined the effects of growth and specific sport training on muscle-tendon architecture. In growth process, most of parameters increased with age but pennation angle of the MG did not show great change with growth. For elite athletes, we found out that when it comes to the specific PT architecture in Javelin throwers possess shorter and thicker PT in their blocked legs, while, long and compliant MG fascicle in swimmers compared with non-athletics and runners. These results suggest that there are subject-specific lower-limb muscle-tendon architecture and it can be related to growth process and training experiences.

研究分野：バイオメカニクス

キーワード：超音波 アキレス腱 モーメントアーム 筋形態 可塑性 スポーツ競技特異性 発育・発達 双生児

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

### 1. 研究開始当初の背景

ヒトの身体運動では、運動を引き起こす骨格筋とそれに関連する腱組織を含めた筋腱複合体が神経系の調整によって相互作用し力発揮を行っている。近年では、生体イメージング技術の進歩により、ヒト生体内の筋や腱の観察が可能となり、ダイナミックな身体運動中の関節で発揮される力やパワーに影響する骨格筋系の機能的特性が明らかにされつつある (Ishikawa & Komi, *Exerc Sport Sci Rev.* 36: 193-199, 2008)。一方で、カンガルーの長いアキレス腱のように、動きに特化した骨格・筋・腱の形態自体の優位性は、圧倒的な運動能力を獲得してきた動物の体つきからも明らかであるが (Biewener & Roberts, *Exerc Sport Sci Rev.* 28: 99-107, 2000)、ヒトの発育や加齢、トレーニングなどによる骨格や筋腱の形態的・機能的変化については未だ不明な点が多い。

### 2. 研究の目的

そこで、本研究プロジェクトでは、これまでの研究で我々が収集してきた一般人や短・長距離ランナーなど約 5000 名の形態データを足掛けに、一般の子供や様々な競技選手の下肢の骨格・筋・腱の形態データを追加して収集し、(1) 下肢の骨格・筋・腱の大規模形態データベースの構築を目指す。そして、これらの形態データを用いて、(2) 発育に伴う下肢の骨格・筋・腱の形態的特徴と(3) 各競技スポーツ選手の下肢の骨格・筋・腱の形態的特徴を明らかにする。さらに、ヒトの骨格・筋・腱の機能や可塑性についてさらなる検討を行うために、一卵性双生児を対象に下肢の骨格・筋・腱の形態測定を実施し、遺伝的要因を除外することで、(4) 環境的要因によるヒトの骨格・筋・腱の可塑性について検討することを目的とした。

### 3. 研究の方法

本研究では、下肢の骨格・筋・腱が統合された形態ビッグデータベースを構築するため、一般の乳幼児から成人、各競技スポーツ選手など全ての被験者に対して、マルチン式人体測定器と超音波装置を用いた方法で (Kunimasa et al., *Scand J Med Sci Sports.* 24: e269-274; 国正ら, *大阪体育学研究*, 55: 1-9, 2017)、以下の同一項目の測定を実施した: 下肢骨格 (大腿部, 下腿部, 足部の長さおよび太さ)、アキレス腱モーメントアーム長と足関節のてこ比、腓腹筋とヒラメ筋の筋構造 (筋束長, 羽状角, 筋厚)、腓腹筋とヒラメ筋に付着するアキレス腱のそれぞれからの長さおよびアキレス腱横断面積、膝蓋腱長とその横断面積。

### 4. 研究成果

(1) これまでに蓄積していた形態データも含め、乳幼児から成人、トップアスリートまで約 6000 名のヒト生体の下肢骨格・筋・腱形態データベースを構築することができた。

(2) これまでの先行研究と同様に、本研究においても乳児から幼児にかけて、年齢が大きい群で腓腹筋筋厚は大きかった。加えて、腓腹筋筋束や羽状角も年齢の大きい群で筋束は長く、羽状角は大きい特徴を示したが、羽状角については筋厚や筋束と比べると年齢の大きい群で顕著に大きい特徴は認められなかった。また、腓腹筋遠位部から踵骨隆起までのアキレス腱の長さについても、年齢の大きい群で長い特徴を示したが、アキレス腱長の増加の程度は下腿長の増加に依存していた。一方で、ヒラメ筋遠位部から踵骨隆起までのアキレス腱の長さ (外部腱長) は、腓腹筋遠位部からのアキレス腱の長さの増大と比較すると、その増大の程度は小さかった。

(3) 様々な競技スポーツ選手の下肢の骨格・筋・腱形態を調査した結果、いくつかの競技のアスリートで下肢骨格・筋・腱形態の競技特異性が認められた。陸上やり投げ選手においては、特に膝蓋腱の腱形態に左右差が認められ、これらの特徴が陸上やり投げ動作時の下肢の動作や力学的負荷の左右差に関連している可能性が示された。また、陸上と水中という異なる環境で運動を行ってきた陸上短・長距離選手と競泳選手では異なる筋構造 (筋厚及び羽状角や筋束長) に加え、筋腱の硬さも確認された。特に、陸上競技選手と異なり、競泳選手は長く柔らかい腓腹筋筋束の特徴が認められ、これらが効果的に推進力を高めるために適応したものである可能性がある。

(4) 同一または異なるスポーツ競技歴を有する一卵性双生児を対象に下肢の骨格・筋・腱の形態を調査した結果、下腿長や腓腹筋から踵骨隆起までのアキレス腱長の双生児間の一致度が高かったのに対し、外部腱のアキレス腱長の双生児間の一致度は低かった。

### 5. 主な発表論文等

[雑誌論文] (計 1 件)

上野薫, 前濱良太, 国正陽子, 牧野晃宗, 佐野加奈絵, 貴島孝太, Paavo V Komi, 石川昌紀. 陸上短距離選手におけるハムストリングス各筋内の筋横断面積の形態分布の特徴と競技力との関係. *体力科学* 67(6): 383-391, 2018. <https://doi.org/10.7600/jspfsm.67.383>

[学会発表] (計 14 件)

Ishikawa M, Kunimasa Y, Makino A, Kitano Y, Sano K. Specific musculoskeletal characteristics for runners with and without running-specific prostheses. International Research Forum on Biomechanics of Running-specific Prostheses. 21th Feb. 2019 Tokyo, Japan. (招待講演)

Ishikawa M, Sano K, Kunimasa Y, Makino A, Nicol C, Komi PV. Musculoskeletal characteristics and function during running for top level endurance runners. 22th annual Congress of the European College of Sport Science 5-8 July 2017 Metropolis Ruhr, Germany. (招待講演)

Ishikawa M, Oda H, Sano K, Kunimasa Y. Neuromechanical modulation during bilateral hopping in patients with unilateral Achilles tendon rupture. XXVII Congress of the International Society of Biomechanics, 31 July -4, August 2019 Calgary, Canada.

Kunimasa Y, Sano K, Hisano T, Makino A, Oda T, Nicol C, Komi PV, Ishikawa M. Musculoskeletal characteristics for elite distance runners and non-competitive Kenyans. 22th annual Congress of the European College of Sport Science 5-8 July 2017 Metropolis Ruhr, Germany.

Kunimasa Y, Iwasaki M, Ishikawa M. Characteristics of lower limb tendons and their relationships with the javelin throw performance. 24th annual Congress of the European College of Sport Science 3-6 July 2019 Prague, Czechia.

Kitano Y, Makino A, Arai A, Kunimasa Y, Sano K, Ishikawa M. Characteristics of sprint running with the horizontal resisted loads. 24th annual Congress of the European College of Sport Science 3-6 July 2019 Prague, Czechia.

Kijima K, Kishizawa H, Kataoka S, Kunimasa Y, Makino A, Ishikawa M, Ito A. Mechanics of effective propulsion movements for the wheelchair sprint start. 24th annual Congress of the European College of Sport Science 3-6 July 2019 Prague, Czechia.

Kunimasa Y, Sano K, Makino A, Kamino K, Ohnuma H, Suzuki Y, Ishikawa M. Characteristics of musculoskeletal properties of the lower limb related to running economy and performance in highly-trained Japanese long-distance runners. 8th World Congress of Biomechanics, 8-12, July 2018 Dublin, Ireland.

Kamino K, Kunimasa Y, Makino A, Sano K, Kijima, Komi PV, Ishikawa M. Specific distribution of hamstring muscles for sprint runners and its functional implication for performance improvement. 23rd annual Congress of the European College of Sport Science 4-7 July 2018 Dublin, Ireland.

Oono N, Sano K, Kunimasa Y, Makino A, Nicol C, Komi PV, Ishikawa M. Neuromuscular responses to unweighting at standing. XXVI Congress of the International Society of Biomechanics, 23-27, July 2017 Brisbane, Australia.

国正陽子, 佐野加奈絵, 牧野晃宗, 上野薫, 貴嶋孝太, 村上雅俊, 石川昌紀. 競技特異的な動作によるヒトの腱形態適応の可能性. 回日本体育学会第 69 回大会. 2018 年 8 月 徳島.

佐野加奈絵, 牧野晃宗, 国正陽子, 水野沙洸, 後藤一成, 石川昌紀. ランニング中の 3 軸加速度変化による下肢の振動衝撃変化. 第 72 回日本体力医学会学会大会. 2017 年 9 月 愛媛.

上野薫, 石川昌紀, 佐野加奈絵, 国正陽子, 牧野晃宗. 競技種目によるハムストリングス筋群の特徴—競泳・陸上選手に着目して—. 第 68 回日本体育学会大会. 2017 年 9 月 静岡.

国正陽子, 佐野加奈絵, 牧野晃宗, 上野薫, 石川昌紀. 陸上短距離選手と競泳選手におけるアキレス腱の形態的・力学的特性. 第 68 回日本体育学会大会. 2017 年 9 月 静岡.

〔その他〕

受賞歴

国正陽子, 佐野加奈絵, 久野峻幸, 牧野晃宗, 小田俊明, Caroline Nicol, Paavo V Komi, 石川昌紀. 下腿の骨格・筋腱形態に東アフリカ地域の陸上中長距離選手特有の特徴はあるのか. 「平成 29 年度大阪体育学会奨励賞」2018 年 3 月.

## 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：石川 昌紀

ローマ字氏名：ISHIKAWA Masaki

研究協力者氏名：佐野 加奈絵

ローマ字氏名：SANO Kanae

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。