

令和 2 年 4 月 9 日現在

機関番号：42309

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2017～2019

課題番号：17K13176

研究課題名(和文) 幼児期の運動量と下肢の骨格筋メカニクスの解明

研究課題名(英文) Skeletal muscle mechanics and exercise volume in toddler

研究代表者

山田 一典 (YAMADA, Kazunori)

新島学園短期大学・コミュニティ子ども学科・准教授

研究者番号：00714768

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 2,900,000円

研究成果の概要(和文)：ヒト身体における筋・腱の形態的特性は身体運動中の筋腱の長さ変化や、力発揮に大きく影響を及ぼしていることを明らかにされているものの、特に幼児期(就学前児童)を対象とした研究はまだ少なく、幼児期の骨格筋・腱の発育発達と運動量の関係については、いまだ明らかにされていない。本研究プロジェクトでは幼児期における下腿三頭筋腱複合体の可塑性について生活習慣、運動の特異性と、経年変化の3点からアプローチした。その結果、幼児期における下腿三頭筋腱複合体の形態的特性は、発育などによる遺伝的要因のみならず、運動や生活習慣など環境的諸要因によって変化する可塑性を有していることを示唆した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究プロジェクトから得られた知見は、ジュニアスポーツにおけるトレーニングや運動遊びの方向性を示すことができる有益な情報となる。また、体罰や暴力による指導ではなくエビデンスに基づく幼児体育、幼児スポーツの向上に役立つ幼児ならびに保育者、指導者への情報提供が可能となった。さらにジュニア育成、タレント発掘やトレーニング評価などに利用される有益なデータともなる。動物と異なり、ヒト特有である多様な身体運動を可能にする骨格筋の形態と機能性に関する筋骨格系の理解につながったと考えられる。

研究成果の概要(英文)：Tendon morphological properties affect force production and complex movement performance. During childhood, however, tendon morphological properties are low and it remains questionable how children can grow or develop and whether exercise volume can affect the plasticity of a tendon. Therefore, the purpose of present study was to examine the plasticity of the triceps surae muscle-tendon unit during childhood with the object of lifestyle habits, specificity of exercise, and ages. The results show that the increase in Achilles tendon length does not relate to age, children who spend a lot of time barefoot who have greater Achilles tendon length in comparison to other children, and sprint or jump ability are affected by Achilles tendon length. Therefore, the plasticity of the triceps surae muscle-tendon unit during childhood can be produced by not only growth factors but also environmental factors.

研究分野：骨格筋メカニクス、発育発達

キーワード：アキレス腱 下腿三頭筋 可塑性 超音波 子ども

1. 研究開始当初の背景

ヒト身体運動は、骨に付着している様々な筋肉の活動を介した関節運動によって行われる。特にダイナミックな身体運動では、筋肉量のみでパフォーマンスが決定されることなく、神経系の調整による筋肉内の筋・腱の相互作用が運動効率やパワー発揮に重要な役割を果たす (Alexander, Bennet-Clark. Nature26: 114-117, 1977)。近年、生体イメージング技術の進歩により非侵襲性の超音波イメージング法を用いた生体内部の筋・腱動態および形態が明らかになってきている (Ishikawa, Komi. Exerc Sport Sci Rev 36: 193-199, 2008)。このような技術革新を基に、ヒト身体の筋・腱の形態的特性は正確かつリアルタイムで計測することを可能とし、さらにそれらの形態的特性は身体運動中の筋腱の長さ変化や、力発揮に大きく影響を及ぼしていることも明らかになった (Sano et al. Eur J Appl Physiol. 113: 1395-1403, 2013, Kunimasa et al. Scand J Med Sci Sports. 24(4): 269-274, 2014)。このような直接情報が、摘出筋やシュミレーション研究では明らかにできないヒト生体と身体運動の骨格筋メカニクスの解明に、ブレイクスルーをもたらしている。

しかしながら、これまでのヒトの身体運動に関する骨格筋メカニクスに関する研究では、成人や中高齢者を対象とした調査が多く、様々な年代における骨格筋の発育発達には明らかにされていない点が多い。特に幼児期(就学前児童)を対象とした研究はまだ少ない。幼児期を対象とした先行研究では、運動獲得を目的としたトレーニング研究、運動量に関する調査や運動量と体力の関係性について報告されたものが多く、幼児期の骨格筋・腱の発育発達と運動量については、いまだ明らかにされていない点である。

2. 研究の目的

本プロジェクトでは、ヒトの多様な身体運動の運動効率やパワー発揮に寄与する骨格筋の形態的・機能的特徴について解明するため、発育期を過ぎた成人とは異なり、幼児期(第一次発育急進期)においてヒトが身体運動を獲得していく過程で、運動量の増加と骨格筋腱の発育発達の関係性について明らかにする。また、世界で初めてとなる幼児期の運動量と骨格筋腱の発育発達の関係性について縦断的に調査を行い、運動量の経時的な変化と骨格筋腱の経時的な変化および関係性、さらに体力・運動能力調査も同時に進行し、それらの関係性について明らかにすることを目的とした。

本研究では、幼児期の運動量の増加と骨格筋腱の発育発達、および体力・運動能力調査の結果との関係性について同時測定し、さらには縦断的に調査を行うことで、下記の3点について明らかにすることを目指した。

1) 幼児を対象として、下肢の骨格・筋・腱の形態測定を横断的に測定し、これまで測定してきた幼児のデータを加えて、幼児における下肢の骨格・筋・腱の形態的特徴について明らかにする。

2) 幼児の骨格・筋・腱の形態的特徴に関する経時的変化から、運動量と骨格筋の発育発達の関係性について明らかにする。

3) 幼児の体力・運動能力調査を実施し、それらの結果と幼児の運動量、下肢の骨格・筋・腱の形態的特徴の関係性について明らかにすることで、幼児期の運動量と体力、それらの影響にともなう下肢の骨格・筋・腱の形態的特徴の経時的変化について明らかにする。

上記1), 2), 3) から得られる、幼児特有の骨格・筋・腱の形態的特徴と運動量、体力の関係性は、第一次発育急進期特有の“運動量と骨格筋の発育発達の関係”のバイオメカニクスのな特徴について明らかにすることができる。また、体力・運動能力調査の結果と骨格・筋・腱の発育発達において、体力の向上と骨格・筋・腱の発育発達の関係について明らかにする。

3. 研究の方法

本研究プロジェクトでは、研究目的で記した1)~3)の3点を明らかにするため、下記の3点の測定を実施した。

(A) 幼児の下肢の骨格・筋・腱の形態的特性を測定する。

(B) 幼児の下肢の骨格・筋・腱の形態的特徴について約1年間継続的に測定し、骨格・筋・腱の形態的特徴に関する経時的変化から、運動量と骨格筋の発育発達の関係性について明らかにする。

(C) 幼児の体力・運動能力調査を実施し、それらの結果と幼児の運動量、下肢の骨格・筋・腱の形態的特徴の関係性について明らかにすることで、幼児期の運動量と体力、それらの影響にと

もなう下肢の骨格・筋・腱の形態的特徴の経時的変化について明らかにする。

研究課題 1. 非侵襲性の超音波装置を利用した幼児における下肢の骨格・筋・腱の形態測定

ヒトにおける非侵襲的な筋腱の動態および形態測定は、超音波装置を用いて実施されてきた。本研究課題では下肢の骨格・筋・腱の形態を明らかにすることを目的とし、腓腹筋腱接合部から踵骨隆起までの距離、ヒラメ筋腱接合部から踵骨隆起までの距離、アキレス腱横断面積、腓腹筋筋束長および羽状角、ヒラメ筋筋束長および羽状角と膝蓋骨骨端から脛骨骨頭までの距離および膝蓋腱横断面積を超音波装置で測定し、さらに下腿長をメジャーテープで計測する。これらの測定対象者は乳幼児（就学前児童：0～6歳児）である。

研究課題 2. 幼児の運動量と骨格・筋・腱形態の経時的変化

一般的に骨格、筋や腱の形態は運動量に依存し、その量の多さによって特異的に形態や機能を変化させられる。しかしながら、幼児期は成人と異なり筋や腱のスティフネスが低い（筋や腱が柔らかい）とされており、運動量に応じて成人とは異なる特異的な変化が予想されるものの明らかにされていない。研究課題 2 では、研究課題 1 で用いた非侵襲性の超音波装置を利用した幼児における下肢の骨格・筋・腱の形態測定を実施し、年間の変化について調査する。

研究課題 3. 幼児の体力に關与する運動量と下肢の骨格筋メカニクスの解明

体力・運動能力調査によるスコアは一般的に運動量の多い幼児のほうが低い幼児に比べて高いことが明らかになっている。しかしながらそのスコアの高さは骨格筋腱の發育発達によって引き起こされているものなのかは明らかになっていない。そこで研究課題 3 では、研究課題 1 ならびに研究課題 2 によって明らかになった下肢の骨格・筋・腱の發育と運動量の関係性が幼児の体力に対してどのように影響を及ぼしているのかを調査する。調査は文部科学省が行う全国体力・運動能力調査（就学前児童対象）のスコアと下肢の骨格・筋・腱の年間發育量の関係性について調査する。

4. 研究成果

本研究プロジェクトによって、以下の研究成果を得た。

- (1) 0歳児から6歳児、計584名の測定結果から、アキレス腱の長さは加齢とともに發育していくが、中でも1歳から2歳にかけて、3歳から4歳にかけて増加することが明らかになった。これらの現象は歩行運動の獲得に伴う動態の変化（1歳から2歳：歩行運動の獲得、3歳から4歳：幼児型歩行から成人型歩行の獲得）によって引き起こされるものと考えられた。
- (2) 月齡の高まりとアキレス腱長の増加について関係性を見たところ、アキレス腱長を下腿長で除した相対値は、月齡と有意な関係を示さなかった。したがって、アキレス腱の長さは加齢に伴い変化するものではないと考えられた。
- (3) 4歳から5歳にかけての加齢に伴う下腿三頭筋・腱の形態的变化は、腓腹筋に連結するアキレス腱長の増加を認めたものの、外部腱と呼ばれるヒラメ筋に連結するアキレス腱長に変化を認めなかった。つまり二関節筋と単関節筋の機能的な違いがアキレス腱の経時的変化に影響を及ぼすものと考えられた。
- (4) 乳幼児の生活習慣による違いとして、裸足で過ごす時間の者と靴着用で過ごす時間の長い者の比較をした結果、裸足はアキレス腱、筋部ともに異なる形態を示した。これらの結果は、足部、足底筋膜の機能的な役割に影響され引き起こされたものと考えられた。
- (5) 体力・運動能力調査と下腿三頭筋・腱の形態の関係性について調査した結果、25m走、立ち幅跳びと、外部腱の間に有意な関係性を示した。したがって、外部腱の發育は幼少期においてもパワーの發揮に影響をおよぼすものと考えられた。

以上の結果から、幼児期における下腿三頭筋腱複合体の形態的特性は、發育などによる遺伝的要因のみならず、運動や生活習慣など環境的諸要因によって変化しうる可塑性を有していると考えられた。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計10件（うち査読付論文 10件／うち国際共著 0件／うちオープンアクセス 5件）

1. 著者名 怡土ゆき絵, 山田一典, 熊上藤子, 木原寛子 光安知佳子	4. 巻 29
2. 論文標題 保育者養成施設における「身体表現指導法」を受講した1年生と2年生それぞれが抱く指導意識の特徴	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 福岡こども短期大学 研究紀要	6. 最初と最後の頁 15-24
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている(また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 清水洋生, 山田一典, 宮田洋之	4. 巻 4
2. 論文標題 運動発達における適時性に関する研究 - 基礎的運動能力を中心に -	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 新島学園短期大学子ども学研究論文集	6. 最初と最後の頁 13-23
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている(また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 清水洋生, 八幡真由美, 宮田洋之, 山田一典	4. 巻 4
2. 論文標題 幼稚園・保育所・小学校連携の課題に関する一考察	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 新島学園短期大学子ども学研究論文集	6. 最初と最後の頁 73-82
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている(また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 田邊智, 川端浩一, 山田一典, 村上雅俊	4. 巻 57
2. 論文標題 野球における盗塁時間と走速度, ストライド, ピッチ, 歩隔との関係について	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 大阪体育学研究	6. 最初と最後の頁 1-14
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている(また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 山田一典, 怡土ゆき絵, 柳井義裕, 瀧信子, 矢野咲子, 清水洋生, 浦田達也	4. 巻 19
2. 論文標題 体育授業における体力向上プログラムとその効果	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 体育・スポーツ教育研究	6. 最初と最後の頁 5-11
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 山田一典, 浦田達也, 怡土ゆき絵, 吉塚亮一.	4. 巻 14
2. 論文標題 幼児の発育にともなうアキレス腱長の変化	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Child Science	6. 最初と最後の頁 20 - 23
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 山田一典, 怡土ゆき絵, LANDRIGAN Don, 浦田達也, 吉塚亮一, 勝田浄邦.	4. 巻 5
2. 論文標題 第二次性徴のアキレス腱形態に対する身体パラメーターの影響	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 総合人間科学	6. 最初と最後の頁 107 - 116
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 山田一典	4. 巻 29
2. 論文標題 「地域公開講座：太宰府市七夕まつり」におけるアクティブ・ラーニングの実践	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 福岡こども短期大学 研究紀要	6. 最初と最後の頁 125 - 128
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 山田一典, 清水洋生, 浦田達也, 怡土ゆき絵, 吉塚亮一.	4. 巻 5
2. 論文標題 幼児の運動能力調査からみた各測定項目の関係性	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 子ども学研究論集	6. 最初と最後の頁 15 - 24
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Kazunori YAMADA, Tatsuya URATA, Hiroo SHIMIZU, Emiko NAKAZAWA, Yukie ITO, Ryouichi YOSIZUKA.	4. 巻 1
2. 論文標題 Development of the Achilles tendon in Early Childhood	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 The Asian Journal of Human Health Science	6. 最初と最後の頁 1-8
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

〔学会発表〕 計14件 (うち招待講演 9件 / うち国際学会 0件)

1. 発表者名 山田一典, 浦田達也
2. 発表標題 乳幼児期における下腿三頭筋・腱の発育
3. 学会等名 第69回 日本体育学会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 小峯功一, 宮田洋之, 柯丹丹, 小貫凌介, 岸秀忠, REMILI MAIMAITIJIANG, 山田一典, 染谷亜規子, 鈴木宏哉
2. 発表標題 幼児における走能力を評価するテストとして 25m走は適切か?
3. 学会等名 日本発育発達学会 第17回大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 山田一典
2. 発表標題 園児は体力向上！私は美BODYを！！
3. 学会等名 福岡子ども短期大学 公開保育セミナー2017（招待講演）
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 山田一典，浦田達也，怡土ゆき絵，吉塚亮一．
2. 発表標題 幼児のアキレス腱は発育の影響を受けないのか？
3. 学会等名 第14回子ども学会議（日本子ども学会 学術集会）
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 田中快治，山田一典，吉塚亮一．
2. 発表標題 フィールドパフォーマンスとストレングスの関係から高校ラグビートッププレーヤーの特長を探る
3. 学会等名 第6回日本トレーニング指導学会大会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 山田一典
2. 発表標題 現場での運動・スポーツの実践について
3. 学会等名 株式会社JPホールディングス 2月自由選択研修（招待講演）
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 山田一典
2. 発表標題 幼児発育運動の現状～社会学的視点から～
3. 学会等名 株式会社Link Function Project 第52回LFPセミナー（招待講演）
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 山田一典
2. 発表標題 発育発達のバイオメカニクス
3. 学会等名 株式会社Link Function Project 第53回LFPセミナー（招待講演）
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 山田一典
2. 発表標題 幼児の体力測定
3. 学会等名 株式会社ジェイキャスト 月齢研修会（招待講演）
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 山田一典
2. 発表標題 スポーツにおける腱の役割
3. 学会等名 医療法人社団川崎病院リハビリセンター研修会（招待講演）
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 山田一典
2. 発表標題 幼児期におけるスポーツ指導のイロハ
3. 学会等名 日本トレーニング指導者協会 第35回JATI九州沖縄支部ワークショップ（招待講演）
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 山田一典
2. 発表標題 幼児・児童期のトレーニングについて
3. 学会等名 医療法人社団川崎病院リハビリセンター研修会（招待講演）
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 山田一典
2. 発表標題 育成と指導法～科学的エビデンスに基づいた幼児・少年少女へのスポーツ指導～
3. 学会等名 群馬県スポーツ少年団 育成母集団研修会（招待講演）
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 山田一典，清水洋生，浦田達也．
2. 発表標題 幼児の運動能力調査から見た各測定項目の関係性
3. 学会等名 日本体育学会第70回大会
4. 発表年 2019年

〔図書〕 計1件

1. 著者名 株式会社日本保育総合研究所 発達支援課	4. 発行年 2018年
2. 出版社 株式会社帆風	5. 総ページ数 55
3. 書名 子育て応援 ポスター&解説集	

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究協力者	浦田 達也 (URATA Tatsuya)	神戸医療福祉大学・准教授	
研究協力者	怡土 ゆき絵 (ITO Yukie)	福岡子ども短期大学・准教授	
研究協力者	清水 洋生 (SHIMIZU Hi roo)	千葉経済大学・短期大学部・講師	