

令和 3 年 6 月 29 日現在

機関番号：34411

研究種目：基盤研究(B) (一般)

研究期間：2017～2020

課題番号：17H02156

研究課題名(和文) 競技スポーツ種目特有の筋腱・骨格形態と二関節筋の機能的役割

研究課題名(英文) Sport specificity and functional roles of bi-articular muscles

研究代表者

石川 昌紀 (ISHIKAWA, MASAKI)

大阪体育大学・体育学部・教授

研究者番号：20513881

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 13,200,000円

研究成果の概要(和文)：競技スポーツ選手の下肢の筋腱・骨格の形態的特徴とそれらの機能との関係について明らかにすることを目的とした。その結果、同じ走運動でも陸上短・長距離選手でパワー発揮や運動効率を求める目的の違いによって、筋の振る舞いや活動動態と形態的特徴に関係があることが明らかとなった。また、動作の機能的側面から複数の筋活動の協同性やパターンを評価する筋シナジー分析の結果から、走速度を高める上で筋活動は単純化され、単・二関節筋の違いというよりも動作に対する機能的な応答による筋活動パターンが存在し、この特異的な筋活動パターンが競技スポーツ選手の形態的特性として出現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

本研究の成果の学術的意義は次の3点である。(1)陸上短・長距離選手の下腿と大腿における形態の特徴と動作の機能的な関係について明らかにした。(2)走速度の増加に伴う複数の筋活動の協同活動を行う機能的な意味を筋シナジー分析によって明らかにした。(3)やり投げや義足アスリートの下肢筋群の形態的特徴が短距離選手や水泳選手と異なった。これらの結果は、競技スポーツの特異的な動作における機能性と関係しており、競技特性に応じたトレーニングの重要性を示した点は、学術的かつ社会的価値がある。

研究成果の概要(英文)：The purpose of the present study was to examine the relationships between the morphological characteristics and function of the specific sport athletes. The results clearly showed the relationship between the morphological characteristics and muscle activation with contraction behavior for sprint and endurance athletes which can influence the power enhancement and movement efficiency. In addition, the muscle synergy analysis showed that increasing running speed and sport specificity forced the motor system to produce less complex and relatively longer basic activation patterns with functional movements and without dependence on mono- and bi-articular joint muscles.

研究分野：複合領域 スポーツ科学

キーワード：二関節筋 競技スポーツ 超音波 陸上 パラアスリート 水泳 発育発達 筋シナジー

1. 研究開始当初の背景

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、筋肉量でパフォーマンスが決定されることはなく、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。生体内イメージングによる直接情報を得ることで、ヒトは身体運動中、筋肉のノンユニフォームな調整活動により腱の弾性を効果的に利用している点、走速度や運動強度の増加に伴って伸張反射の貢献が減少し筋腱の形態的・機能的特徴が重要な役割を果たしている点、ゴルジ腱器官の反射による筋活動の抑制(b 抑制)がヒトの身体運動中では筋活動を促進させる機能を有する従来の機能と異なる点を明らかにしてきた。これらは、摘出筋やシミュレーション研究では明らかにできなかった、ヒトの巧みな骨格筋の調整メカニクスを徐々に明らかにしようとしている。

競技スポーツと関係するダイナミックな身体運動では、筋の何十倍もの収縮速度を産み出すことが可能な腱の貢献が重要となる。また、衝撃・外乱から組織を保護する機能や身体の制動など、ヒトの筋腱の形態・機能とその神経系の調節機序の解明は未だ明らかにされていない。

特に、高い身体運動能力を必要とするトップアスリートの運動能力に着目すると、トレーニングでは獲得しにくい、先天的・後天的な筋腱・骨格の形態的特徴が競技パフォーマンスに影響する可能性が高い。例えば、中・長距離陸上種目で圧倒的に強い東アフリカの選手は、長いアキレス腱とそのアキレス腱モーメントアームの形態的特徴を活かした走行で走効率を高めている。また、陸上と競泳の選手では筋腱の形態とその機能特性に違いが存在し、その違いが陸と水中での運動効率を高める決定的な要因になっている可能性が高い。このように、競技パフォーマンスへ影響する筋腱・骨格の長さや太さ、その材質などの形態的優位性と、それらを活かした特異的な筋腱の振る舞いを解明する筋メカニクス研究は、陸上・水泳以外の競技スポーツにおいても、身体運動能力の可能性と限界、さらにトレーニングの方策を探る上で重要となる。さらに、発育発達過程における子供の筋腱形態の変化についての研究は少なく、それらと子供の運動能力との関係について調査した研究は殆どない。

2. 研究の目的

本研究では、一連の研究で明らかにしてきた神経・筋肉・腱における形態・機能の役割について詳細に明らかにして行くため、下腿・大腿部の筋群に着目し、異なる身体運動における単・二関節筋の機能的な役割と形態的特徴との関係と、統合された身体における異なる筋の機能調整やその神経・筋の制御機序の解明を目指す。特に、一部の筋にのみ注目してきた研究から、予めプログラム化された多くの筋群への制御と機能に関する複雑な運動指令パターンによる協調運動(筋シナジー)に関する研究への展開は、鍛錬によって獲得された競技スポーツ動作の運動学習の機序の解明に繋がる。また、義足のパラリンピアン(義足の進歩)の武器である義足の進化に、選手の技術も相まってパフォーマンスを高める姿は、人類が道具を活用して進化した過程と似ており、彼らの身体能力の調査は、人類のさらなる身体運動能力の向上を探ることに繋がる。加えて、発育発達過程における筋腱の形態変化と運動能力との関係性についても明らかにする。

3. 研究の方法

本研究は、非侵襲性超音波筋腱動態測定法と筋電図測定を同時に行い、特殊環境下や特異的な動作の競技スポーツにおける下肢の筋腱の形態的特徴(筋腱の長さ・太さ、骨格的特徴)を明らかにし、それらの競技種目における運動中の下肢筋腱動態と筋活動の同時測定から各競技スポーツ種目における形態的優位性について機能的な側面から検証した。

対象者:

陸上競技短距離選手 20 名、陸上長距離選手 15 名、パラアスリート 20 名、幼児 40 名、一卵性双生児 50 組とした。各実験の対象者には、本研究の目的や方法などについて説明し、実験参加への同意を得た後、測定を実施した。本研究は大阪体育大学ヒト実験に関する倫理委員会によって予め承認を得て実施した。

測定方法:

超音波による形態測定: 非侵襲性超音波筋腱動態測定法を用いて、下腿三頭筋とハムストリングス筋群の超音波横断画像と縦断画像の撮像を行った。二関節筋の形態的特徴について明らかにするため、ハムストリングス筋群の撮像は、遠位、中間位と、近位に分けて測定し分析を行った。下腿三頭筋の測定は、アキレス腱の形態的特徴についても算出した。また、超音波プローブを改良することで、走行中の筋腱動態の測定を可能にし、短・長距離選手の筋腱動態測定を実施した。

走行中の筋電図測定: 走行中の筋電図は下肢 12 筋から導出し、筋シナジー分析を実施した(分析の詳細は Santuz et al 2020 参照)。

走行中のキネマティクス・キネティクス測定：地面反力計を埋設したトレッドミルを用いて、走行中の3軸方向の地面反力(Single belt type, Bertec co., USA)の測定を実施した。同時に右側方より矢状面の走行中の動作をハイスピードカメラ(Fastec TS3, 株式会社日本ファステックイメージング)を用いて撮影した。

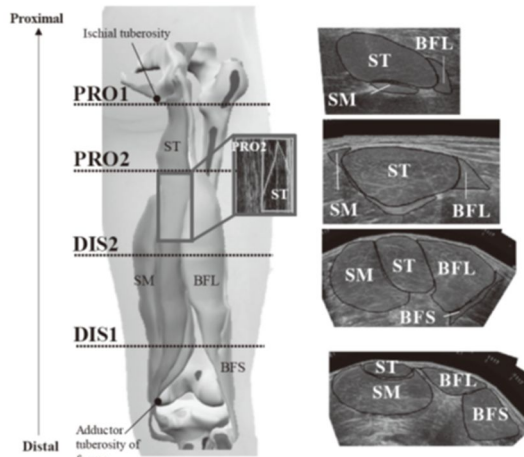


Fig. 1 Distribution measurements of hamstring muscle cross-sectional area and their measurement places.

Left: The measurement places were decided as follows. The DIS1 was the 5 cm proximal point from adductor tuberosity of femur. DIS2 point was the middle point of the line through point of the ischial tuberosity and the point of adductor tuberosity of femur. The PRO1 point was just below of the ischial tuberosity. The PRO2 was the point of the proximal edge of tendinous intersection in ST which was identified by the longitudinal ultrasound image of ST at the PRO 2 point (inserted

ultrasound image). Dash lines were measurement places of the traverse ultrasound images. **Right:** Typical example of transverse ultrasound images of hamstring muscles from distal (DIS2 and DIS1) to proximal (PRO1 and PRO2) parts. ST: semitendinosus, SM: semimembranosus, BFL: biceps femoris long head, BFS: biceps femoris short head.

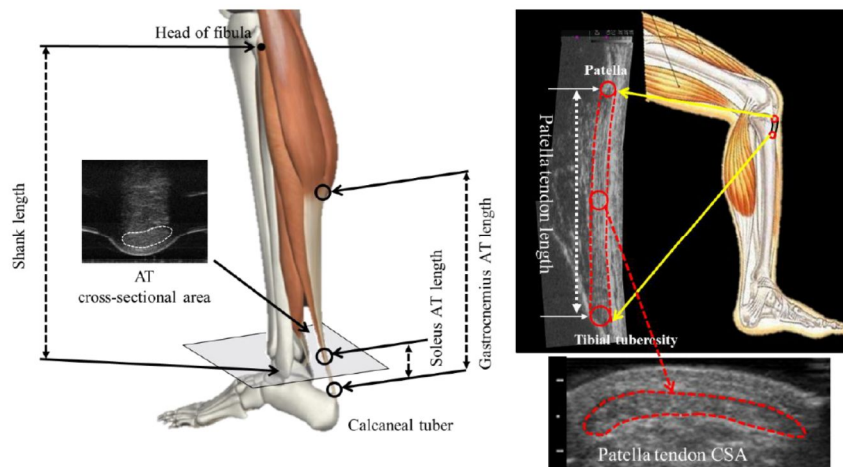
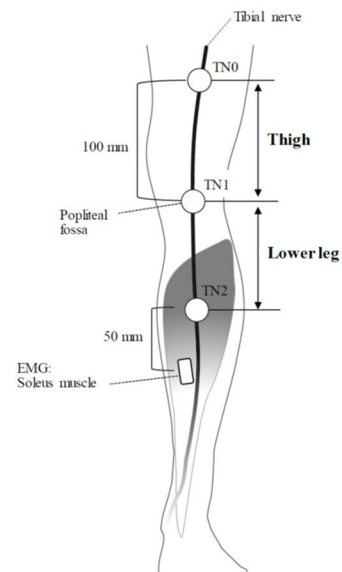


Figure 2. Measurement schema for Achilles tendon and patella tendon length and cross-sectional area as well as length of shank.

Figure 3. Schema for the measured points of the cross-sectional area and positions of nerve electrical stimulation of the tibial nerves.

The measured three positions of nerve cross-sectional area and electrical stimulation for the tibial nerve: 100 mm proximal to the popliteal fossa (TN0), at the popliteal fossa (TN1), and 50 mm proximal to the soleus muscle (TN2).



4. 研究成果

一連の本研究プロジェクトから明らかにされた点のうち、代表的な4点を下記に示す。これらの結果は、競技スポーツの特異的な動作における機能性と関係しており、競技特性に応じたトレーニングの重要性を示した点は、学術的かつ社会的価値がある。

一卵性双生児の下腿の形態比較の結果、運動経験の違いに関わらず、二関節筋につながるアキレス腱の長さの一致度は高く、逆に、単関節筋であるヒラメ筋につながるアキレス腱の長さの一致度が低かった(Table 1)。つまり、ヒラメ筋につながるアキレス腱長さには後天的環境要因に影響することが示され、ヒトの筋腱形態における後天的環境要因による可塑性が筋の形態的な要因によって影響を受ける可能性が示された。

Table 1. Concordance (ICC) of muscle-tendon length between the twins.

	Achille tendon length		Patella tendon length	GM fascicle length
	GM	SOL		
Monozygous twins with same sport experiences	0.98	0.97	0.97	0.91
Monozygous twins with different sport experiences	0.95	0.74	0.96	0.83

ハムストリングス各筋における同一筋内の筋横断面積の比較した結果、陸上短距離選手のハムストリングス各筋は均一に同程度大きくなっているわけではなく、半腱様筋の近位で相対的に大きく、逆に大腿二頭筋の近位と遠位では相対的に小さく、筋横断面積が部位別に特異的に発達していることが確認された。しかしながら、競技力と筋横断面積の絶対量の関係では、一般人より大きい遠位部のハムストリングス筋群の筋横断面積とは関係が認められず、半腱様筋の近位と半膜様筋の近位部の筋横断面積に競技力との関係が認められた。これらの形態的な特徴は、陸上短距離走における動作時の特異的な筋活動や筋動態、競技力に關係する特異的な動作が關係している可能性があり、今後、マルチ電極による同一筋内の筋活動パターンの違いや2つ以上の神経支配域の同定、超音波装置による筋動態の部位ごとの違いについて検討し確認していく必要性が確かめられた。

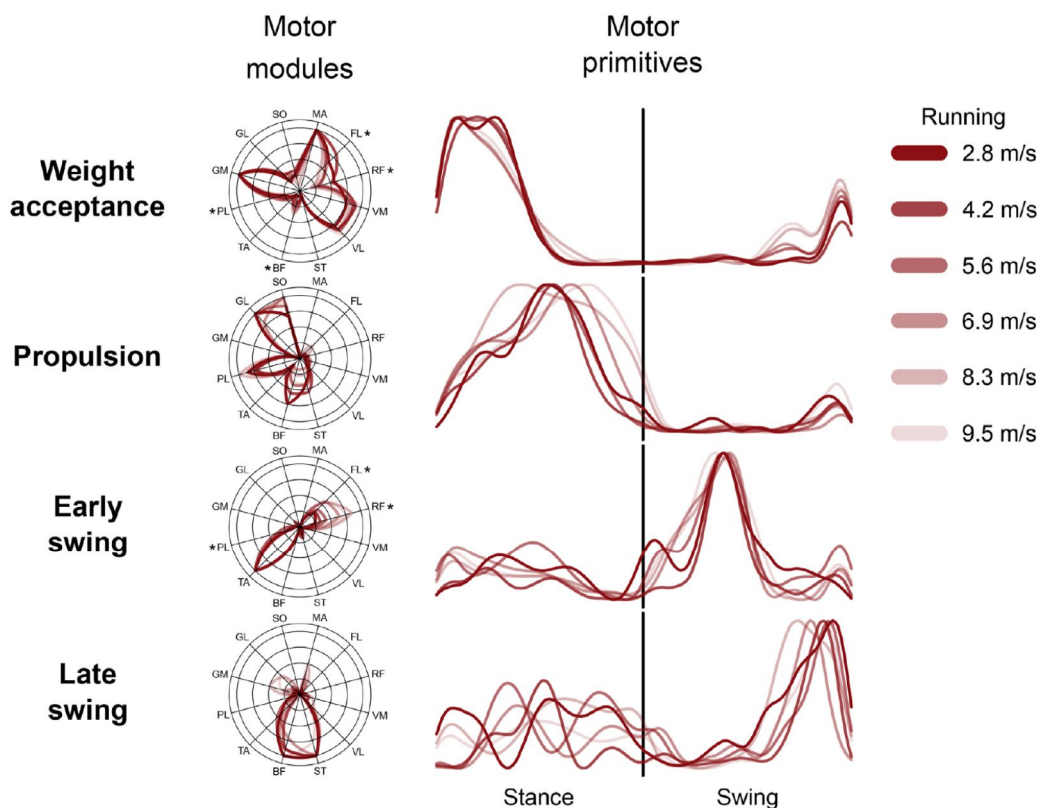


Figure 4. Muscle synergies for human running at various speeds.

Motor modules and motor primitives of the four fundamental synergies for human submaximal and maximal running. The motor modules are presented in polar coordinates on a normalized polar axis base. Each muscle contribution within one synergy can range from 0 to 1 (maximum radius length). Asterisks represent significant effect of speed. For the motor primitives, the x-axis full scale represents the averaged gait cycle (with stance and swing normalized to the same number of points and divided by a vertical

line) and the y-axis the normalized amplitude. Muscle abbreviations: MA: gluteus maximus, FL: tensor fascia late, RF: rectus femoris, VM: vastus medialis, VL: vastus lateralis, ST: semitendinosus, BF: biceps femoris, TA: tibialis anterior, PL: peroneus longus, GM: gastrocnemius medialis, GL: gastrocnemius lateralis, SO: soleus muscles.

パワー発揮の観点においては、単一の筋だけでなく、複数の筋が協調して活動することでパワー発揮を高めることが重要となり、従来の単一筋のタイミングや活動量だけの筋電図分析ではなく、複数の筋活動の協同性やパターンを分析・評価を行う筋シナジー分析によって、走速度を高める上で単関節筋と二関節筋で筋シナジーが異なることが明らかとなった。しかしながら、腓腹筋のように内外の2関節筋間でも筋活動の協同性が異なることから、単・二関節筋の違いというよりも動作に対する機能的な応答による筋活動パターンが存在し、この特異的な筋活動パターンが競技スポーツ選手の形態的特性として出現している可能性が示された。

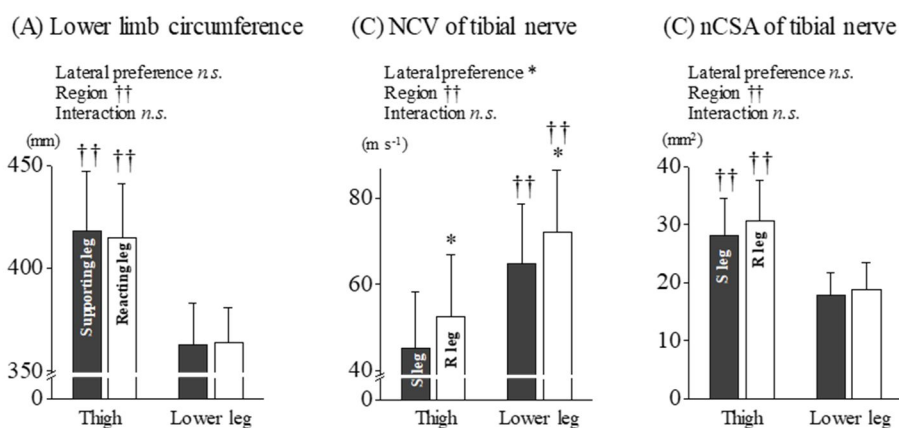


Figure 5. Limb circumference, nerve conduction velocity, and nerve cross-sectional area for the lower limbs.

(A) The thigh and lower leg circumferences for the supporting and reacting legs are shown, respectively. (B) The tibial nerve conduction velocity (NCV) of the thigh and lower leg are shown for the supporting and reacting legs, respectively. (C) The tibial nerve cross-sectional area (nCSA) of the thigh and lower leg are shown for the supporting and reacting legs. *, † and n.s. indicate repeated Two-Way ANOVA analysis showing the main effect of lateral dominance (preference), region and interaction. * and † show significant differences between supporting and reacting legs and between measured regions, respectively (*: $p < 0.05$, ††: $p < 0.01$, n.s.: not significant).

一連のヒトの末梢神経（尺骨神経と脛骨神経）の神経幹レベルの形態と末梢神経伝導速度の機能との関係を調べた結果、動物実験の結果と異なり、ヒトの上下肢、さらに左右側(Figure 5)で見られた末梢神経の形態と機能の特徴が後天的な環境要因で変化することが明らかとなり、それらのトレーニングなどによって機能的な向上が可能であることを示唆することができた。本研究の知見が、今後、マイクロスケールの生体イメージング技術のブレークスルーを促し、スポーツ競技や性差の特異性をより詳細に解明することが期待できる。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計11件（うち査読付論文 11件 / うち国際共著 3件 / うちオープンアクセス 4件）

1. 著者名 Nobue Ayaka, Kunimasa Yoko, Tsuneishi Hiromu, Sano Kanae, Oda Hiroyuki, Ishikawa Masaki	4. 巻 11
2. 論文標題 Limb-Specific Features and Asymmetry of Nerve Conduction Velocity and Nerve Trunk Size in Human	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Frontiers in Physiology	6. 最初と最後の頁 1-9
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3389/fphys.2020.609006	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 Santuz Alessandro, Ekizos Antonis, Kunimasa Yoko, Kijima Kota, Ishikawa Masaki, Arampatzis Adamantios	4. 巻 6
2. 論文標題 Lower complexity of motor primitives ensures robust control of high-speed human locomotion	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Heliyon	6. 最初と最後の頁 e05377 ~ e05377
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.heliyon.2020.e05377	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 該当する
1. 著者名 山田一典, 浦田達也, 怡土ゆき絵, 清水洋生, 榎本翔太, 吉塚亮一, 石川昌紀	4. 巻 20
2. 論文標題 下腿三頭筋・腱の発達からみた「はだし保育」の影響	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 チャイルド・サイエンス	6. 最初と最後の頁 40-44
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, 栗原佑奈, 塚田夕絵, 石川昌紀	4. 巻 6
2. 論文標題 幼児期における25m走、立ち幅跳び、両足連続跳び越しの測定記録と下腿三頭筋・腱形態の関係性	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 子ども学研究論集	6. 最初と最後の頁 1-11
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 兒玉友, 久野峻幸, 佐野加奈絵, 石川昌紀, 小田俊明	4. 巻 -
2. 論文標題 日本代表候補パラバドミントン立位クラス男子選手の形態特性	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 アダプテッド・スポーツ科学	6. 最初と最後の頁 3-11
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 Sano Kanae, Sakamoto Takumi, Nishimura Ryoma, Danno Yoshito, Komi Paavo V., Ishikawa Masaki	4. 巻 10
2. 論文標題 Muscle-Tendon Interaction During Human Dolphin-Kick Swimming	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Frontiers in Physiology	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) 10.3389/fphys.2019.01153	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 該当する

1. 著者名 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	4. 巻 67
2. 論文標題 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	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 体力科学	6. 最初と最後の頁 383-391
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.7600/jspfsm.67.383	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 該当する

1. 著者名 新井彩, 石川昌紀, 伊藤章	4. 巻 112
2. 論文標題 Stretch-shortening cycle運動における筋活動特性	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 陸上競技研究	6. 最初と最後の頁 2-11
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 貴嶋孝太, 浦田達也, 石川昌紀	4. 巻 56
2. 論文標題 短距離走選手のための機能的なトレーニングエクササイズ	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 77-88
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 貴嶋孝太, 浦田達也, 石川昌紀	4. 巻 56
2. 論文標題 短距離走選手のための機能的なトレーニングエクササイズ	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 77-88
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 国正陽子, 佐野加奈絵, 久野峻幸, 牧野晃宗, 小田俊明, Nicol C, Komi PV, 石川昌紀	4. 巻 55
2. 論文標題 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.	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 大阪体育学研究	6. 最初と最後の頁 1-9
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24件 (うち招待講演 6件 / うち国際学会 17件)

1. 発表者名 Santuz A, Ekizos A, Kunimasa Y, Kijima K, Ishikawa M, Arampatzis A.
2. 発表標題 Lower complexity of motor primitives ensures robust control of high-speed human locomotion
3. 学会等名 25th Annual Congress of European College of Sport Science (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 常石大夢, 大橋廉, 北野友梧, 国正陽子, 貴嶋孝太, 石川昌紀
2. 発表標題 アシステッド走による超高速疾走中の走メカニクス
3. 学会等名 大阪体育学会第58回大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 北野友梧, 常石大夢, 大橋廉, 国正陽子, 石川昌紀
2. 発表標題 等張性負荷装置を用いた高速での牽引負荷走の有用性
3. 学会等名 大阪体育学会第58回大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Ishikawa M, Oda H, Sano K, Kunimasa Y.
2. 発表標題 Neuromechanical modulation during bilateral hopping in patients with unilateral Achilles tendon rupture.
3. 学会等名 XXVII Congress of the International Society of Biomechanics (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Doi T, Otsuki S, Sato S, Ishikawa M, Fujii A, Hongu N
2. 発表標題 Effects of Mechanical Stress-Free Walking (MSFW) Workshop in the Elderly.
3. 学会等名 2020 ACSM Annual meeting and world congress. (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 土井龍雄, 大槻伸吾, 佐藤真治, 石川昌紀, 藤井淳子, 本宮暢子
2. 発表標題 ロコモティブシンドロームに配慮した歩き方の検討
3. 学会等名 第78回日本公衆衛生学会総会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Kunimasa Y, Iwasaki M, Ishikawa M.
2. 発表標題 Characteristics of lower limb tendons and their relationships with the javelin throw performance
3. 学会等名 24th annual Congress of the European College of Sport Science (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Kitano Y, Makino A, Arai A, Kunimasa Y, Sano K, Ishikawa M.
2. 発表標題 Characteristics of sprint running with the horizontal resisted loads
3. 学会等名 24th annual Congress of the European College of Sport Science (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Kijima K, Kishizawa H, Kataoka S, Kunimasa Y, Makino A, Ishikawa M, Ito A
2. 発表標題 Mechanics of effective propulsion movements for the wheelchair sprint start
3. 学会等名 24th annual Congress of the European College of Sport Science (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Nicol C, Ishikawa M
2. 発表標題 Neural inhibition versus damage effects: how can they be distinguished? Exercise-induced muscle damage:
3. 学会等名 24th annual Congress of the European College of Sport Science (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Ishikawa M, Kunimasa Y, Makino A, Kitano Y, Sano K.
2. 発表標題 Specific musculoskeletal characteristics for runners with and without running-specific prostheses.
3. 学会等名 International Research Forum on Biomechanics of Running-specific Prostheses (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 石川昌紀
2. 発表標題 柔軟性の受難
3. 学会等名 第12回関西アスレティックトレーナーフォーラム (招待講演)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Ishikawa M
2. 発表標題 Neuromuscular modulation and musculoskelton specifics for sport athletes.
3. 学会等名 International Symposium of Sports Medical Science for Persons with Impairments in Wakayama (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Ishikawa M, Oda H, Sano K, Kunimasa Y.
2. 発表標題 Neuromechanical modulation during bilateral hopping in patients with unilateral Achilles tendon rupture.
3. 学会等名 XXVII Congress of the International Society of Biomechanics (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Kitano Y, Makino A, Arai A, Kunimasa Y, Sano K, Ishikawa M.
2. 発表標題 Characteristics of sprint running with the horizontal resisted loads.
3. 学会等名 24th annual Congress of the European College of Sport Science (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 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
2. 発表標題 競技特異的な動作によるヒトの腓形態適応の可能性
3. 学会等名 日本体育学会第69回大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Oda T, Hisano T, Akihara Y, Kusumoto K, Kodama Y, Ishikawa M
2. 発表標題 Change in mechanical properties of triceps surae muscle-tendon unit and race performance after 1 year in well trained distance runners.
3. 学会等名 36th International society of biomechanics in sports conference (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Kunimasa Y, Sano K, Makino A, Kamino K, Ohnuma H, Suzuki Y, Ishikawa M.
2. 発表標題 Characteristics of musculoskeletal properties of the lower limb related to running economy and performance in highly-trained Japanese long-distance runners.
3. 学会等名 8th World Congress of Biomechanics (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Sano K, Danno Y, Ishikawa M.
2. 発表標題 Neuromuscular characteristics during dolphin-kick swimming and its functional implication of elastic utilization
3. 学会等名 23rd annual Congress of the European College of Sport Science (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Kamino K, Kunimasa Y, Makino A, Sano K, Kijima K, Komi PV, Ishikawa M
2. 発表標題 Specific distribution of hamstring muscles for sprint runners and its functional implication for performance improvement.
3. 学会等名 23rd annual Congress of the European College of Sport Science (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Ishikawa M, Komi PV
2. 発表標題 Functional and neuromuscular characteristics with advancing age and disuse
3. 学会等名 4th International Autumn School on Movement Science (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Kunimasa Y, Sano K, Hisano T, Makino A, Oda T, Nicol C, Komi PV, Ishikawa M
2. 発表標題 Musculoskeletal characteristics for elite distance runners and non-competitive Kenyans.
3. 学会等名 22th Annual Congress of European College of Sport Science (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 上野薫 , 石川昌紀, 佐野加奈絵, 国正陽子, 牧野晃宗
2. 発表標題 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
3. 学会等名 第68回日本体育学会大会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 国正陽子, 佐野加奈絵, 牧野晃宗, 上野薫 , 石川昌紀
2. 発表標題 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
3. 学会等名 第68回日本体育学会大会
4. 発表年 2017年

〔図書〕 計0件

〔出願〕 計1件

産業財産権の名称 Vibration device and Body stimulation method using same technical field	発明者 石川昌紀, 牧野晃宗, 大内聡	権利者 同左
産業財産権の種類、番号 特許、JP-P2019-039241	出願年 2019年	国内・外国の別 外国

〔取得〕 計0件

〔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	佐野 加奈江 (Sano Kanae) (30762273)	森ノ宮医療大学・講師 (34448)	
研究協力者	信江 彩加 (Nobue Ayaka) (70708908)	森ノ宮医療大学・助教 (34448)	

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関			
ドイツ	Humboldt-University zu Berlin			
フィンランド	University of Jyvaskyla	LIKES Research Centre		
フランス	Aix-MarseilleUniversite	Universite Clermont Auvergne		
カナダ	Dalhousie University Halifax			