

令和 2 年 6 月 17 日現在

機関番号：32689

研究種目：基盤研究(A) (一般)

研究期間：2016～2019

課題番号：16H01870

研究課題名(和文)骨格筋を形・質・機能で捉える：一般人～アスリートの身体運動能力躍進を目指して

研究課題名(英文) Evaluation of form-quality-function aspects of skeletal muscles: toward remarkable upgrading of physical movement performance for ordinary individuals and elite athletes

研究代表者

川上 泰雄 (Kawakami, Yasuo)

早稲田大学・スポーツ科学学術院・教授

研究者番号：60234027

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 36,800,000円

研究成果の概要(和文)：人間の身体運動能力を支える骨格筋の「形態的・質的・機能的」特性の解明や、それらの可塑性に関する研究を進め、発展させた。4年間をかけて、アスリート、青年・中高齢者、子供(未就学児・低学年児)を対象にした研究を進め、それぞれについて、競技力との関連性、身体運動能力を支える骨格筋特性の解明や介入研究を通じたその改善法の開発、歩・走・跳といった基本的な運動能力の発達の特徴について、筋特性との関連性から検討を行った。研究成果は国内外での学会発表・招待講演やシンポジウム・ワークショップの開催、学術論文の出版などに結実するとともに、体操の開発と普及、運動用具の開発など、一般社会に向けての応用も行った。

研究成果の学術的意義や社会的意義

人間の身体運動の原動力を生み出す骨格筋に関して、「形態・質・機能」という切り口でその特性の解明や適応性・可塑性に関する研究を進め、発展させた。アスリート、青年・中高齢者、子供(未就学児・低学年児)を対象にした研究を通して、競技力や身体運動能力を支える骨格筋特性やその発達や加齢変化、維持・改善法策の開発に取り組んだ。研究成果は国内外での学会発表やシンポジウム・ワークショップの開催、学術論文の出版での公開のみならず、効果的な体操の開発と普及、運動用具の開発などへの応用も行った。

研究成果の概要(英文)：A series of studies were conducted over four years to evaluate and quantify the skeletal muscle properties in terms of "form", "quality", and "function", through in vivo measurements on humans. The subjects included elite athletes, adults (young, middle-aged and elderly), and children of pre-school and lower grades, and muscle property and motor functions were evaluated to clarify their impact on athletic performance and locomotion ability including walking, running, and jumping. The research outcome was publicized through conference presentations and lectures, symposia and workshops, and publication of scientific articles. Furthermore, outreach activities were conducted for the population at large, through development of "taiso" exercise and spread over the community residents, and the development of exercise gear such as shoes, for example. Overall, we successfully achieved our initial aim to remarkably upgrade physical movement performance by humans.

研究分野：スポーツ科学, 身体教育学

キーワード：生体計測 筋腱複合体 成長・発育 加齢 スポーツパフォーマンス 身体運動能力 外傷・障害予防

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。

1. 研究開始当初の背景

骨格筋の【形】

体重の約 40% を占める骨格筋は生体最大の組織であり、人間の体格の主要な構成成分である。身体内の 500 個に及ぶ骨格筋は、筋線維の数や筋内配置、腱組織の形態的特徴などに関して独特の形状を有する。骨格筋は極めて高い量的可塑性(肥大・萎縮)を有し、筋量増減に応じて骨格筋形状は複雑に変化する(Kawakami ら, 2006)。こうした骨格筋の「形」は、骨・脂肪組織とともに身体セグメントの形状を特徴づける。これが、アスリートの発達した体躯や寝たきりの高齢者の体つきといった顕著な体格の違いを生み出し、身体運動能力を大きく左右することがわかっている(川上, 2014)。

骨格筋の【質】

骨格筋は熱や運動エネルギーの発生源であり、随意的に力やパワーを発揮する、車というエンジンである。筋線維組成(速筋・遅筋線維比率)により出力特性が異なることもエンジンに類似する。解剖学的には筋線維と腱組織から成る「筋腱複合体」であり、筋線維による収縮力と粘弾性体である腱組織のバネ・ダンパー機能が相補的・相乗的にはたらく(筋腱相互作用)ことで、パワフルな身体運動を達成する(Kawakami と Fukunaga, 2006)。筋線維・腱組織のほかに水、脂肪組織、その他の神経・血管組織も内部に含み、これらの構成成分が骨格筋の力学的特性(粘弾性・力発揮特性)に影響を及ぼす(Chino, Kawakami ら, 2015)。骨格筋の粘弾性は柔軟性(関節可動性)とその成長・加齢に伴う変化とも関連し(川上ら, 2003; Kato, Kawakami ら, 2005; Kawakami ら, 2008; 茂木, 川上ら 2013) しなやかな身体の動きを規定する。

骨格筋の【機能】

骨格筋は中枢・末梢神経系によるコントロールを受けてその出力が調節されているが、トレーニングによって、あるいは不活動や加齢によって中枢・末梢神経系のコントロールのバランスや調節機能が変化し、筋横断面積当たりの力(固有筋力)が変化することが明らかになっている(Kawakami ら, 1995; 2001)。最近の研究によって、筋力発揮そのものがその後の筋力を増加させること(Miyamoto, Kawakami ら, 2013)、同一筋内でも収縮中の活動量に部位差があること(Miyamoto, Kawakami ら, 2012; Wakahara, Kawakami ら, 2013)などが解明され、骨格筋の機能的(筋力発揮)特性に関する従来のパラダイムの見直しが迫られている。

筋特性に関して、個人差、トレーニングや成長・加齢による変化、身体運動能力との関連性等、国内外で徐々にエビデンスが蓄積されつつあるが、関連する情報は断片的であった。筋特性【形・質・機能】を特徴づける明確な因子を同定した上で評価指標を確立し、その個人差や可塑性、相互関係を高精度・システムティックに評価し、身体運動能力の規定因子や向上方策を導きだそうとする試みは国内外において存在しなかった。

近年の申請者らの研究によって、筋力トレーニングによる筋肥大は同一筋内でも異なること(Wakahara, Kawakami ら 2013, 2015)、骨格筋は収縮によってダイナミックにその三次元形状を変化させ(Iwanuma, Kawakami ら 2011)、力発揮特性に影響を及ぼす(Kawakami ら, 2012)こと、身体セグメントの適切な圧迫が発揮筋力を高め、筋疲労を低減すること(松本, 川上ら, 2013; Miyamoto と Kawakami, 2015)などが明らかにされている。また、加齢によって筋内の水分や脂肪組織の割合が増加し、骨格筋内の相対的な「実質」が減少することが示されている(Yamada ら, 2010; Goodpaster ら, 2001)が、このことが骨格筋の材質特性や筋力発揮特性に多大な影響を及ぼす可能性がある。

2. 研究の目的

上述の研究背景から、1) 骨格筋の「形」・「質」・「機能」特性は相互に関連し、それぞれのマッチングが身体運動能力を規定すること、2) 従来の筋特性の評価法やその可塑性・適応性に関する知見には再検証の必要性があること、が考えられた。これらの点は、身体運動能力の異なる広範な年齢の対象者について筋特性の指標を精確に計測し、質の高い介入研究を実施することで明らかになるであろうと予想した。これを本研究の目的とした。得られる結果は、トップアスリートの競技力向上につながる人間の身体運動能力の限界の拡大や、高齢者における骨格筋減弱(サルコペニア)や運動器症候群(ロコモティブシンドローム)の改善・予防を通じた健康寿命の延伸にもつながるものと期待した。

3. 研究の方法

平成 28 年度～令和元年度の 4 力年を通じて、子供～青年～高齢者、一般人～アスリートの筋特性を的確に評価する方法論を確立し、身体運動能力との関連性を明らかにすることとした。筋特性を【形】【質】【機能】の 3 側面から捉え、(1) 筋特性の計測方法の確立と指標化、(2) 横断的基礎研究を通じた筋特性の個人差や可塑性の検討、(3) 筋特性のトレーニングや加齢による変化の機序と身体運動能力との関連性について縦断的介入研究を通じた検証した。

平成 28 年度は、人間の解剖体を用いた観察・実験やヒト生体の骨格筋特性を非侵襲的に定量することを試みた。また、MRI 法や超音波法などの組織画像解析や、MRI 法や筋電図法による筋

活動計測、3次元動作解析法による運動パフォーマンスの評価定量を中心に、人間を対象に、骨格筋の「機能的・形態的・質的」特性の評価法の確立を目指した。平成29・30年度、令和元年度は、前年度の知見や方法論に基づきながら、超音波剪断波エラストグラフィを用いた生体計測や解剖体の膜組織の詳細解析などの方法論を加え、幅広い年齢・身体運動能力レベルの人間を対象に、骨格筋の「機能的・形態的・材質的」特性の機序解明に向けた研究を進め、発展させた。

4. 研究成果

平成28年度において、高齢者に対する効果的な運動プログラムに関する研究では、どのようなタイミングで運動を行うと身体機能の維持・向上により効果的かという「時間運動学」の概念に着目し、運動の実施タイミングが高齢者の生体リズムや身体機能に及ぼす影響を明らかにした。また、一流アスリートに代表される身体能力レベルが非常に高い人間の筋腱複合体特性やその使い方を明確化させたことで、一般人の身体運動能力を向上させる手がかりを得た。例えば、レスリングなどの格闘技選手は水泳や球技を専門とする選手と比べて内転筋が肥大しており、これはトレーニングに対する骨格筋の適応が種目ごとに異なることを示している。さらに、球技選手は下肢のバネ能力が高いという特徴が観察され、アキレス腱の硬さや材質的特性が関与していることが示唆された。これらの研究成果は、種目毎のトレーニングの明確化につながるとともに、競技パフォーマンスを向上させるスポーツ用具の開発に結びつくことが期待される。さらに、筋腱複合体の材質的特性を解明する研究においては、解剖体の大腿部深筋膜を牽引することで力学的特性の定量化を試みた。その結果、深筋膜は身体の長軸方向に高い弾性を示し、骨格筋の収縮方向と一致するため、深筋膜の材質的特性は骨格筋の機能を反映することが示された。一方、骨格筋に損傷を誘発する伸張性収縮を伴う運動の動作特異性に関する研究では、大腿四頭筋内に引き起こされる筋損傷部位を特定することで、スクワットや下り坂歩行は内側広筋に、ニーエクステンションは大腿直筋に筋損傷を引き起こすといった筋特異性が世界に先駆けて明らかとなった。

平成29年度は、高齢者の健康増進に関して、前年度までの知見をもとに開発した運動プログラムの介入研究を通じて、本プログラムが高齢者の筋力や筋量、歩行能力を向上する上で効果的であることを示した。また、非収縮性組織と収縮性組織の両者を考慮した筋横断面積の定量法は、歩行能力を始めとした高齢者の身体能力をより深く理解する上で重要な指標となる可能性が示された。また、一流アスリートを対象とした対象者の筋腱複合体特性やその使い方に関する計測を継続実施し、それらの作用機序を明確化させたことで、身体運動能力を向上させる手がかりをつかむことができた。例えば、一流アスリートの随意最大筋力に影響する因子は、男性アスリートと女性アスリートで異なり、男性アスリートでは随意活動レベル(中枢からの下行性入力)が主に随意最大筋力に影響を与え、女性アスリートでは骨格筋サイズ(下腿三頭筋横断面積)が随意最大筋力と強く関連することが明らかとなった。これらの成果は、スポーツ科学や健康科学に関連する研究分野のみならず、競技パフォーマンスを格段に向上させ得るスポーツ用具の開発を担う人間工学分野を飛躍的に発展させる起爆剤となる可能性がある。また、競技スポーツ現場や学校教育現場における指導法の改善、ロコモティブシンドロームの進行に悩む高齢者や運動指導者への有用なアドバイスの提供などにも研究成果が応用されることが期待される。

平成30年度は、高齢者の骨格筋特性や適応性に関する知見をふまえて、自宅でも実施可能な運動プログラムを開発し、このプログラムが高齢者をはじめ比較的体力レベルが低い層にも実現可能かつ効果的であることを明らかにした。また、運動の実施に機能性食品の摂取を加えることで、高齢者の身体諸機能および骨格筋機能の更なる改善がもたらされることが示唆された。これまでの研究成果をふまえて、運動+栄養レシピを開発し、公開した。次に、子どもを対象とした研究においては、3歳から8歳という未就学児もしくは小学校低学年の対象者の子どもの体力・運動特性の計測を進め、筋骨格系の成長に関する知見を集積した。この年齢層の子どもの身体や運動特性に関する知見は少なく、また、体系的な運動指導が行われていないのが日本の現状である。本研究によって、極めてダイナミックに変化する身体的特徴や、歩・走・跳という基本動作の発達過程・性差等が明らかになった。さらに、平成28年度より継続中のエリートアスリートの体力特性の詳細解析や科学的サポート活動を継続した。

令和元年度は、前年度に開始した子供に関する研究を進め、就学前児童・小学校低学年児童の身体特性や、歩・走・跳といった基本的な運動能力の発達の特徴について、筋特性との関連性から検討を行った。その結果、青年や成人には見られない、特徴的な歩行中の地面反力発揮パターンや、特異的な下肢筋群の相対発育などが示された。子供の健全発育を促すためのシューズの開発など、社会的な応用も視野に入れた研究を進めた。また、これまでのわれわれの研究を通じて明らかになってきた、骨格筋の重要な構成要素であるFascia(筋膜・腱膜を含む膜性組織)の部位特異性や性差、弾性特性の運動時の変化などについての研究が大きく進展し、研究論文の国際誌への掲載が進んだ。さらに、腱症の評価や、症状の悪化を食い止めるための栄養介入についての研究を国内で、高強度運動時の肉離れの発生機序に関する基礎的研究をオランダ、フリー大学の協力を仰ぎながら、進めることができた。年度末に生じた新型コロナウイルスのパンデミック

クの影響で、特に最後の研究におけるデータ取得が後半に滞ったが、臨床研究を今後さらに発展するための素地を作り上げた。研究サポートの対象となったエリートアスリートが2020年のオリンピックで活躍する機会は逸したが、2021年度以降のさらなる活躍を期待したい。この点に関連して、研究期間を通して実施中の、a)よい動作の体感・実践、b)身体能力の徹底解析とタレント発掘、c)最適コンディショニング法の提案、d)身体能力向上モダリティの開発、も継続・発展させた。

上記の一連の研究成果は、学術論文以外にも国内外の学会発表やシンポジウム、ワークショップ、招待講演、研究室ホームページ等を通して公表した。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計25件（うち査読付論文 25件 / うち国際共著 0件 / うちオープンアクセス 22件）

1. 著者名 Otsuka Shun, Shan Xiyao, Kawakami Yasuo	4. 巻 45
2. 論文標題 Dependence of muscle and deep fascia stiffness on the contraction levels of the quadriceps: An in vivo supersonic shear-imaging study	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Journal of Electromyography and Kinesiology	6. 最初と最後の頁 33 ~ 40
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.jelekin.2019.02.003	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 Shiotani Hiroto, Yamashita Ryo, Mizokuchi Tomohiro, Naito Munekazu, Kawakami Yasuo	4. 巻 85
2. 論文標題 Site- and sex-differences in morphological and mechanical properties of the plantar fascia: A supersonic shear imaging study	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Journal of Biomechanics	6. 最初と最後の頁 198 ~ 203
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.jbiomech.2019.01.014	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 Shan Xiyao, Otsuka Shun, Yakura Tomiko, Naito Munekazu, Nakano Takashi, Kawakami Yasuo	4. 巻 14
2. 論文標題 Morphological and mechanical properties of the human triceps surae aponeuroses taken from elderly cadavers: Implications for muscle-tendon interactions	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 PLOS ONE	6. 最初と最後の頁 e0211485
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1371/journal.pone.0211485	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 Maeo Sumiaki, Shan Xiyao, Otsuka Shun, Kanehisa Hiroaki, Kawakami Yasuo	4. 巻 50
2. 論文標題 Neuromuscular Adaptations to work-matched maximal eccentric versus concentric training	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Medicine & Science in Sports & Exercise	6. 最初と最後の頁 1629 ~ 1640
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1249/MSS.0000000000001611	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 Maeo Sumiaki, Shan Xiyao, Otsuka Shun, Kanehisa Hiroaki, Kawakami Yasuo	4. 巻 1
2. 論文標題 Single joint eccentric knee extension training preferentially trains the rectus femoris within the quadriceps muscles	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Translational Sports Medicine	6. 最初と最後の頁 212 ~ 220
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 Otani Takuya, Hashimoto Kenji, Isomichi Takaya, Natsuhara Akira, Sakaguchi Masanori, Kawakami Yasuo, Lim Hun-ok, Takanishi Atsuo	4. 巻 32
2. 論文標題 Trunk motion control during the flight phase while hopping considering angular momentum of a humanoid	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Advanced Robotics	6. 最初と最後の頁 1197 ~ 1206
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1080/01691864.2018.1526709	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 Yoshida Tsukasa, Yamada Yosuke, Tanaka Fumiko, Yamagishi Takaki, Shibata Shigenobu, Kawakami Yasuo	4. 巻 113
2. 論文標題 Intracellular-to-total water ratio explains the variability of muscle strength dependence on the size of the lower leg in the elderly	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Experimental Gerontology	6. 最初と最後の頁 120 ~ 127
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.exger.2018.09.022	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 Saito Akira, Goda Mitsuki, Yamagishi Takaki, Kawakami Yasuo	4. 巻 6
2. 論文標題 Riding posture affects quadriceps femoris oxygenation during an incremental cycle exercise in cycle-based athletes	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Physiological Reports	6. 最初と最後の頁 e13832
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.14814/phy2.13832	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 Otsuka Shun, Yakura Tomiko, Ohmichi Yusuke, Ohmichi Mika, Naito Munekazu, Nakano Takashi, Kawakami Yasuo	4. 巻 77
2. 論文標題 Site specificity of mechanical and structural properties of human fascia lata and their gender differences: A cadaveric study	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Journal of Biomechanics	6. 最初と最後の頁 69 ~ 75
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.jbiomech.2018.06.018	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 Otani Takuya, Hashimoto Kenji, Natsuhara Akira, Sakaguchi Masanori, Kawakami Yasuo, Lim Hun-ok, Takanishi Atsuo	4. 巻 1
2. 論文標題 Ankle and foot mechanism mimicking joint stiffness and following motion based on human	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 ROMANSY 22 - Robot Design, Dynamics and Control	6. 最初と最後の頁 86 ~ 93
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 Ema Ryoichi, Sakaguchi Masanori, Kawakami Yasuo	4. 巻 50
2. 論文標題 Thigh and psoas major muscularity and its relation to running mechanics in sprinters	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Medicine & Science in Sports & Exercise	6. 最初と最後の頁 2085 ~ 2091
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1249/MSS.0000000000001678	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 Mogi Yasuyoshi, Torii Suguru, Kawakami Yasuo, Yanai Toshimasa	4. 巻 118
2. 論文標題 A cross-sectional study on the mechanical properties of the Achilles tendon with growth	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 European Journal of Applied Physiology	6. 最初と最後の頁 185 ~ 194
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/s00421-017-3760-4	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 Otani Takuya, Hashimoto Kenji, Miyamae Shunsuke, Ueta Hiroki, Natsuhara Akira, Sakaguchi Masanori, Kawakami Yasuo, Lim Hum-Ok, Takanishi Atsuo	4. 巻 8
2. 論文標題 Upper-body control and mechanism of humanoids to compensate for angular momentum in the yaw direction based on human running	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Applied Sciences	6. 最初と最後の頁 44 ~ 44
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3390/app8010044	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 Ohta M., Midorikawa T., Hikiyama Y., Sakamoto S., Kawakami Y., Fukunaga T., Kanehisa H.	4. 巻 12
2. 論文標題 Body mass-to-waist ratio strongly correlates with skeletal muscle volume in children	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 PLOS ONE	6. 最初と最後の頁 1-13
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1371/journal.pone.0177155	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 Kanda, K., Sakuma, J., Akimoto, T., Kawakami, Y., Suzuki, K.	4. 巻 12
2. 論文標題 Detection of titin fragments in urine in response to exercise-induced muscle damage	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 PLOS ONE	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) 10.1371/journal.pone.0181623	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 Ema, R., Wakahara, T., Hirayama, K., Kawakami, Y.	4. 巻 12
2. 論文標題 Effect of knee alignment on the quadriceps femoris muscularity: Cross-sectional comparison of trained versus untrained individuals in both sexes	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 PLOS ONE	6. 最初と最後の頁 1-13
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1371/journal.pone.0183148	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 Nakagawa K., Inami, T., Yonezu, T., Kenmotsu, Y., Narita, T., Kawakami, Y., Kanosue, K.	4. 巻 28
2. 論文標題 Unstable rocker shoes promote recovery from marathon-induced muscle damage in novice runners	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Scand. J. Med. Sci. Sports	6. 最初と最後の頁 621-629
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1111/sms.12911	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 Ema, R., Wakahara, T., Kawakami, Y.	4. 巻 37
2. 論文標題 Effect of hip joint angle on concentric knee extension torque	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 J. Electromyogr. Kinesiol.	6. 最初と最後の頁 141-146
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.elekin.2017.10.012	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 Mogi, Y., Torii, S., Kawakami, Y., Yanai, T.	4. 巻 118
2. 論文標題 A cross-sectional study on the mechanical properties of the Achilles tendon with growth	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Eur. J. Appl. Physiol.	6. 最初と最後の頁 185-194
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/s00421-017-3760-4	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 Otani, T., Hashimoto, K., Miyamae, S., Ueta, H., Natsuhara, A., Sakaguchi, M., Kawakami, Y., Lim, H.-O., Takanishi, A.	4. 巻 8
2. 論文標題 Upper-body control and mechanism of humanoids to compensate for angular momentum in the yaw direction based on human running	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Appl. Sci.	6. 最初と最後の頁 1-16
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3390/app8010044	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 Ema, R., Akagi, R., Wakahara, T., Kawakami, Y.	4. 巻 5
2. 論文標題 Training-induced changes in architecture of human skeletal muscles: Current evidence and unresolved issues	5. 発行年 2016年
3. 雑誌名 J. Phys. Fitness Sports Med.	6. 最初と最後の頁 37-46
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 0.7600/jpfsm.5.37	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 Saito, A., Ema, R., Inami, T., Maeo, S., Otsuka, S., Higuchi, M., Shibata, S., Kawakami, Y.	4. 巻 36
2. 論文標題 Anatomical cross-sectional area of the quadriceps femoris and sit-to-stand test score in middle-aged and elderly population: development of a predictive equation	5. 発行年 2016年
3. 雑誌名 J. Physiol. Anthropol.	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) 10.1186/s40101-016-0099-1	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 Inami, T., Kawakami, Y.	4. 巻 5
2. 論文標題 Assessment of individual muscle hardness and stiffness using ultrasound elastography	5. 発行年 2016年
3. 雑誌名 J. Phys. Fitness Sports Med.	6. 最初と最後の頁 313-317
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.7600/jpfsm.5.313	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 Hirayama, K., Iwanuma S, Ikeda N, Yoshikawa A, Ema R, Kawakami Y.	4. 巻 25
2. 論文標題 Plyometric Training Favors Optimizing Muscle-Tendon Behavior during Depth Jumping	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Front. Physiol.	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.2017.00016	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 Maeo, S., Saito, A., Otsuka, S., Shan, X., Kanehisa, H., Kawakami, Y.	4. 巻 0
2. 論文標題 Localization of muscle damage within the quadriceps femoris induced by different types of eccentric exercises	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Scand. J. Med. Sci. Sports	6. 最初と最後の頁 1-12
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1111/sms.12880	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 -

[学会発表] 計15件 (うち招待講演 9件 / うち国際学会 15件)

1. 発表者名 Kawakami Yasuo
2. 発表標題 Biomechanics of human locomotion from a viewpoint of energy save and use
3. 学会等名 5th Joint Symposium of Thammasat University, BK21 PLUS of CUK & National Defense Medical Center, Biomedical Sciences and Biomechanics of Health (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Kawakami Yasuo
2. 発表標題 Muscle-tendon-fascia unit as a functional entity in humans: in vivo and ex-situ evidence
3. 学会等名 5th International Autumn School of Movement Science in Berlin (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Kawakami Yasuo
2. 発表標題 Research Activities
3. 学会等名 KU Leuven & Waseda Joint Seminar (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Kawakami Yasuo
2. 発表標題 Neuro-musculo-tendinous mechanics and exercise performance
3. 学会等名 Conference on Sport Sciences (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Kawakami, Y.
2. 発表標題 Muscle size, strength and locomotor ability of the elderly in Japan: Assessment and intervention
3. 学会等名 The 8th Asia-Pacific Conference on Exercise and Sports Science 2017 & The 7th International Conference on Sport and Exercise Science (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Kawakami, Y.
2. 発表標題 Force transmission and epimuscular interaction through fascia: some evidence from in vivo observations
3. 学会等名 CONNECT 2017: Connective Tissus in Sports Medicine (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Kawakami, Y.
2. 発表標題 Exercise performance enhancement utilizing muscle mechanics
3. 学会等名 MEXT Top Global University Project: Health Promotion: The Joy of Sports and Exercise. The 3rd International Symposium (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Ikeda, N., Yonezu, T., Inami, T., Kawakami, Y.
2. 発表標題 Local vibration stretching: a novel modality reducing musculotendinous stiffness while maintaining muscle strength
3. 学会等名 21st European College of Sport Science Annual Congress (国際学会)
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 Kawakami Y., Komiya M., Ikeda N., Inami T.
2. 発表標題 Inter-muscle differences in hamstrings strain during a straight leg raise test: an elastography study
3. 学会等名 21st European College of Sport Science Annual Congress (国際学会)
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 Shiotani, H., Fukuda, W., Kawakami, Y.
2. 発表標題 Efficacy of elastic shoe insoles in kinematics, kinetics, and muscle activity during walking and running
3. 学会等名 21st European College of Sport Science Annual Congress (国際学会)
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 Otsuka, S., Ohmichi, Y., Ohmichi, M., Yakura, T., Naito, M., Nakano, T., Kawakami, Y.
2. 発表標題 Structure and function of human fascia lata: site-dependence of thickness and fiber orientation
3. 学会等名 21st European College of Sport Science Annual Congress (国際学会)
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 Kawakami, Y.
2. 発表標題 Muscle mechanics for exercise performance enhancement
3. 学会等名 34th International Conference on Biomechanics in Sports (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 Kawakami, Y.
2. 発表標題 Force transmission and epimuscular interaction through fascia: some evidence from in vivo observations
3. 学会等名 CONNECT 2017 (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Otsuka, S., Ohmichi, Y., Ohmichi, M., Yakura, T., Naito, M., Nakano, T., Kawakami, Y.
2. 発表標題 Structure and function of human fascia lata: site-dependence of elastic property
3. 学会等名 CONNECT 2017 (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Shan, X., Otsuka, S., Yakura, T., Naito, M., Nakano, T., Kawakami, Y.
2. 発表標題 Site- and direction-dependent morphological and mechanical properties of the human triceps surae apponeuroses
3. 学会等名 CONNECT 2017 (国際学会)
4. 発表年 2017年

〔図書〕 計4件

1. 著者名 川上泰雄、田中史子（分担執筆）	4. 発行年 2018年
2. 出版社 農文協	5. 総ページ数 80
3. 書名 菊芋 運動レシピでイキイキ!	

1. 著者名 川上泰雄（分担執筆）	4. 発行年 2018年
2. 出版社 杏林書院	5. 総ページ数 248
3. 書名 疲労と身体運動 スポーツでの勝利も健康の改善も疲労を乗り越えて得られる	

1. 著者名 川上泰雄（共著）	4. 発行年 2018年
2. 出版社 杏林書院	5. 総ページ数 234
3. 書名 疲労と身体運動 スポーツでの勝利も健康の改善も疲労を乗り越えて得られる	

1. 著者名 川上泰雄（共著）	4. 発行年 2016年
2. 出版社 ライフサイエンス出版	5. 総ページ数 97
3. 書名 これからの医療を支えるメディカルデザイン	

〔産業財産権〕

〔その他〕

川上泰雄研究室
<http://www.f.waseda.jp/ykawa/indexj.htm>
 早稲田大学ヒューマンパフォーマンス研究所
<https://www.waseda.jp/prj-hpl/>
 川上泰雄研究室ホームページ
<http://www.f.waseda.jp/ykawa/indexj.htm>
 川上泰雄研究室
<http://www.f.waseda.jp/ykawa/indexj.htm>

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
研究分担者	森田 照正 (Terumasa Morita) (00570847)	順天堂大学・医学部・准教授 (32620)	