

令和 6 年 10 月 1 日現在

機関番号：32619

研究種目：国際共同研究加速基金（国際共同研究強化）

研究期間：2018～2023

課題番号：17KK0174

研究課題名（和文）筋疲労の機序の解明 - 筋力トレーニングに伴う筋疲労耐性向上を考慮したアプローチ -

研究課題名（英文）Elucidating the Mechanisms of Muscle Fatigue: An Approach Considering Improvement in Muscle Fatigue Resistance Accompanying Strength Training

研究代表者

赤木 亮太 (Akagi, Ryota)

芝浦工業大学・システム理工学部・教授

研究者番号：20581458

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 11,100,000円

渡航期間： 12ヶ月

研究成果の概要（和文）：本研究助成事業では、筋疲労耐性向上を目的とした種々の筋力トレーニングを実施し、当該トレーニング効果の個人差を誘発した上で、筋疲労の機序の全容解明に向け研究に取り組んだ。2018年度から2023年度に至るまで、様々な種類（期間・部位・動作）の筋力トレーニングを対象として、筋疲労耐性の個人差が生じるよう試みた。その結果、実際に当該個人差が誘発されるケースは限定されていたものの、そのような筋力トレーニングでは、筋の形状の個人差が筋疲労耐性の個人差に影響を及ぼすことが示唆された。

研究成果の学術的意義や社会的意義

日常生活を送る中で、疲労に対する人々の関心は非常に高い。このことは、身体運動を生み出す源である骨格筋についても当てはまる。本研究では、様々な筋力トレーニングを実際実施することで、筋が疲れにくくなる筋力トレーニングを明らかにすることができた。それ故、本研究は、個々人の筋疲労耐性を加味した上で、人々のQOLやアスリートのコンディションの維持・向上に寄与するような、セミオーダー型の筋力トレーニングプログラムの創出につなげられる可能性を有する。

研究成果の概要（英文）：In this research grant project, various types of strength training aimed at improving muscle fatigue resistance were conducted to induce individual differences in training effects on muscle fatigue resistance. By examining these individual differences, I aimed to elucidate the complete mechanism of muscle fatigue. The results suggest that individual variations in muscle architecture influence variances in muscle fatigue resistance during such strength training, although the instances where such individual differences were actually induced were limited.

研究分野：筋生理学、筋メカニクス

キーワード：筋疲労 個人差 自重トレーニング レジスタンストレーニング 若年者 高齢者 筋量 筋形状

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、研究者個人に帰属します。

1. 研究開始当初の背景

人々が日常生活を送る際、様々な場面において、負荷や刺激が加えられて疲労し、休息を取ることにより回復している。それ故、人々の疲労や疲労感に対する関心は非常に高い。このことは、身体運動を生み出す源である骨格筋についても当てはまり、「どのようにすれば骨格筋が疲れにくくなるのか」という問いに対する答えを用意することが重要となる。

筋疲労は、身体運動によって骨格筋の力・パワー発揮能力が減退する現象⁽¹⁾として定義される。筋疲労の機序を明らかにする上で、1) 骨格筋を材料として捉えた際の、疲労に伴う機械的性質の変化、2) 中枢神経系から筋までの電気的な活動伝達に関連する過程及び興奮収縮連関過程、の2点がこれまで正しく評価されていない。基課題(若手研究(A))では、筋疲労課題前後の筋の機械的性質及び課題中の筋張力の変化を、超音波診断装置の Shear Wave Elastography により定量可能な骨格筋内部の硬さ(剛性率)によりモニタリングした。その際、筋疲労耐性の年齢差も加味することにより、筋疲労の機序の全容解明を果たし、筋疲労低減/除去のための方策を新たに創出するための科学的根拠を獲得することを目的として、研究を進めていた。

基課題では、“低強度での持続的な関節トルク発揮による筋疲労”、及び、“全力での反復的な関節トルク発揮による筋疲労”の2テーマを掲げ、様々な疲労課題を実施した際の筋疲労様相の定量評価に取り組んでいた。最初に、前者のテーマの1つとして、身体運動がもたらす筋疲労に伴い握りやすくなる下腿後部の筋群(腓腹筋外側頭・内側頭、ヒラメ筋)を対象に、協働筋が交互に活動したり休んだりを繰り返す“活動交代”が生じる、全力(Maximal Voluntary Contraction: MVC)の10%に相当する低強度(10%MVC)での1時間の等尺性関節トルク発揮を筋疲労課題とした⁽²⁾。その結果、これまで明らかにされていなかった各筋の疲労度合の定量化に成功し、当該筋群の活動交代の複雑性⁽³⁾に関する言及も可能となった。一方で、筋疲労耐性の個人差に起因する、筋疲労様相の大きな個人差も観察された。このことから、筋疲労の機序の全容解明に向け、筋疲労耐性の変化を加味したアプローチの重要性を痛感した。

2. 研究の目的

本国際共同研究では、筋疲労耐性向上を目的とした筋力トレーニングを実施し、疲労課題がもたらす筋疲労様相に筋疲労耐性の向上が及ぼす影響を明らかにすることにより、筋疲労の機序の全容解明に取り組むことを目的とした。

3. 研究の方法

本研究では、対象者や対象部位の組み合わせを変更することで、様々な筋力トレーニングを実施し、筋疲労耐性の向上が生じるよう試みた。実際に実施した筋力トレーニングについては、下記の通りであった。

- ・若年者 24 名(トレーニング群: 12 名, コントロール群: 12 名)の足関節底屈筋群を対象とした、8 週間に亘るドロップジャンプトレーニング
- ・若年者 24 名(トレーニング群: 12 名, コントロール群: 12 名)の膝関節伸展筋群を対象とした、8 週間に亘るスクワットトレーニング
- ・若年者 13 名(片脚をトレーニング群 1, もう片脚をトレーニング群 2)の足関節背屈筋群を対象とした、8 週間に亘る足関節背屈トレーニング
- ・高齢者 32 名(トレーニング群 1: 11 名, トレーニング群 2: 11 名, コントロール群: 10 名)の膝関節伸展筋群を対象とした、8 週間に亘る在宅での自重負荷トレーニング
- ・若年者 39 名(トレーニング群: 21 名, コントロール群: 18 名)の膝関節伸展筋群を対象とした、8 週間に亘る Electrical Muscle Stimulation トレーニング
- ・若年者 21 名・42 脚(トレーニング群 1: 7 名・14 脚, トレーニング群 2: 7 名・14 脚, コントロール群: 7 名・14 脚)の膝関節屈曲筋群を対象とした、6 週間に亘るノルディックハムストリングトレーニング

事前に、筋疲労耐性向上をもたらすと予想した筋力トレーニングを考案したつもりではあったものの、実際に一定期間以上の介入をしないと結果がわからないこともあり、明確に筋疲労耐性が向上するケースは、残念ながら限定的であった。本稿では、在外研究先のゲルフ大学で実施した、“若年者の足関節背屈筋群を対象とした、8 週間に亘る足関節背屈トレーニング”について概説する⁽⁴⁾。

近年、筋疲労耐性を評価する上で、通常の日常動作に近い動きである、等張性収縮条件での筋疲労課題が用いられている。しかしながら、関節角度変化を伴う当該筋疲労課題では、関節トルク-関節角度関係、すなわち、筋の力-長さ関係を無視できない。当該研究では、一定の関節角度での(等尺性条件下での)筋力トレーニングを、筋が長い状態で行った場合と短い状態で行った場合とで、筋形状の変化の仕方に差異が生じ、その結果、筋疲労耐性の向上度合いにも差異が生じるのではないかと考え、実験を実施した。具体的には、筋が短い状態で筋力トレーニングを実施した場合と比較して、筋が長い状態で筋力トレーニングをすることで、筋束長が増加し、関節トルク-関節角度関係(筋の力-長さ関係)のプラトー部分が長くなり、その結果、筋疲労耐性が向上する、という仮説を立てた(<https://doi.org/10.6084/m9.figshare.12117072.v1> の Supplemental Figure S1 に記載あり)。ここで、同一筋群間において、トレーニングに伴う形状変化が異なるようなケース⁽⁵⁾⁽⁶⁾では、実験データの解釈が難しくなることを加味し、実質前脛骨

筋のみが主働筋として作用している足関節背屈筋群⁽⁷⁾⁽⁸⁾を対象とし、シンプルな筋モデルで実験を進めた。

若年男性7名と若年女性6名が研究対象者として参加した。13名の両脚を、ランダムに、筋が短い状態でトレーニングを実施するグループ(若年男性1~4の利き脚,若年男性5~7の非利き脚,若年女性1~3の利き脚,若年女性4~6の非利き脚)と筋が長い状態でトレーニングを実施するグループ(若年男性1~4の非利き脚,若年男性5~7の利き脚,若年女性1~3の非利き脚,若年女性4~6の利き脚)に分けた。

8週間に亘るトレーニングの前後で、超音波診断装置を用いて前脛骨筋の羽状角及び筋束長を測定した(図1)。足関節背屈筋群における関節トルク 関節角度関係を評価するにあたり、筋力評価システムを用いて、足関節角度-10度,0度(解剖学的正位:-が背屈位),5度,10度,15度,20度,25度,30度及び40度における、最大随意収縮(Maximal Voluntary Contraction: MVC)時の関節トルクを測定した。そして、個々の関節トルクの最大値を100%として、各関節角度における関節トルクの値を正規化した。本研究における筋疲労課題は、トレーニング介入前の足関節角度40度におけるMVC時の関節トルクの20%の値を、等張性収縮条件における負荷として設定し、足関節角度40度~0度の間で全力での等張性関節パワー発揮を繰り返す課題とした。筋疲労課題開始前のパワーを100%として、2回連続でパワーの値が60%を下回った時点で、筋疲労課題終了とした⁽⁹⁾。そして、失敗するまでに発揮した回数の合計を筋疲労耐性として評価した。



図1 測定姿勢

4. 研究成果

8週間に亘るトレーニング介入前後で、筋が短い状態でトレーニングを実施したグループでは、関節トルク 関節角度関係に大きな変化はみられなかった(図2(左))。一方、筋が長い状態でトレーニングを実施したグループでは、プラトーになっている範囲がより広がった(図2(右))。この結果は、本研究の仮説通りであった。

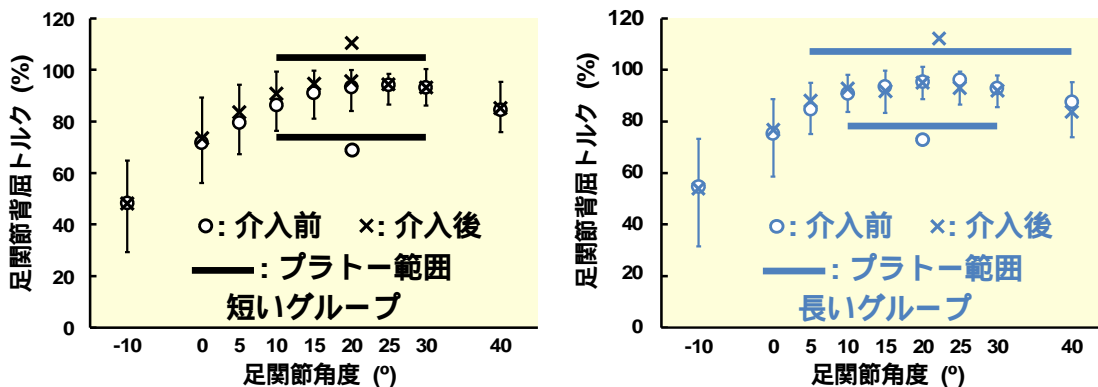


図2 関節トルク 関節角度関係

8週間に亘るトレーニング介入前後の筋形状については、図3(羽状角)及び図4(筋束長)に示す。羽状角に関しては、両グループともに、8週間に亘るトレーニングにより増加した。筋束長に関しては、筋が短い状態でトレーニングを実施したグループでは8週間のトレーニング前後で有意な変化はみられなかった。その一方で、筋が長い状態でトレーニングを実施したグループでは8週間のトレーニングに伴い有意に増加した。

8週間のトレーニング前後における筋疲労耐性を図5に示す。どちらのトレーニング群においても、8週間のトレーニングにより、筋疲労耐性に改善の傾向(0.05 ≤ P ≤ 0.10)が確認された。

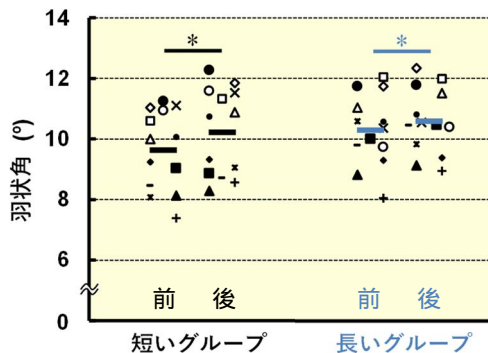


図3 羽状角

図 6 に、8 週間のトレーニング前後における筋形状変化と筋疲労耐性変化の関係を示す。筋が短い状態でトレーニングを実施したグループでは、羽状角が大きくなった人ほど、筋疲労耐性が大きく向上する結果となった。一方、筋が長い状態でトレーニングを実施したグループでは、筋束長が長くなった人ほど、筋疲労耐性の向上が小さい結果となった。

以上の結果から、筋が長い状態で筋力トレーニングをすることで、

- ・筋束長が増加する
 - ・関節トルク 関節角度関係(筋の力 長さ関係)のプラトー部分が長くなる
- という部分に関しては仮説通りではあったものの、

・筋疲労耐性が向上する

という部分に関しては、筋束長が長くなった人ほど、筋疲労耐性の向上が小さかったため、仮説を否定するものであった。しかしながら、筋形状の個人差が筋疲労耐性の個人差に影響を及ぼす、という点については予想通りで、この点が、本国際共同研究を通じて新たに明らかにされた点であった。

所属機関(大学)の現況を考えると、トレーニング期間を8週間以上に延ばすことはハードルが高い。しかしながら、今回鮮明な結果が出ないケースが多かった一因として、このトレーニング期間の問題は無視できないと考えている。今後この点を解消することで、筋疲労の機序の全容解明を目指したい。

<引用文献>

(1) Gandevia SC. Spinal and supraspinal factors in human muscle fatigue. *Physiol Rev.* 2001 Oct;81(4):1725-89. doi: 10.1152/physrev.2001.81.4.1725.

(2) Akagi R, Fukui T, Kubota M, Nakamura M, Ema R. Muscle Shear Moduli Changes and Frequency of Alternate Muscle Activity of Plantar Flexor Synergists Induced by Prolonged Low-Level Contraction. *Front Physiol.* 2017 Sep 20;8:708. doi: 10.3389/fphys.2017.00708.

(3) Kishibuchi K, Kouzaki M. Medial gastrocnemius is a key muscle for involuntary alternate muscle activity of plantar flexor synergists. *Neurosci Lett.* 2013 Aug 29;550:145-9. doi: 10.1016/j.neulet.2013.06.052.

(4) Akagi R, Hinks A, Power GA. Differential changes in muscle architecture and neuromuscular fatigability induced by isometric resistance training at short and long muscle-tendon unit lengths. *J Appl Physiol* (1985). 2020 Jul 1;129(1):173-184. doi: 10.1152/jappphysiol.00280.2020.

(5) Blazevich AJ, Cannavan D, Coleman DR, Horne S. Influence of concentric and eccentric resistance training on architectural adaptation in human quadriceps muscles. *J Appl*

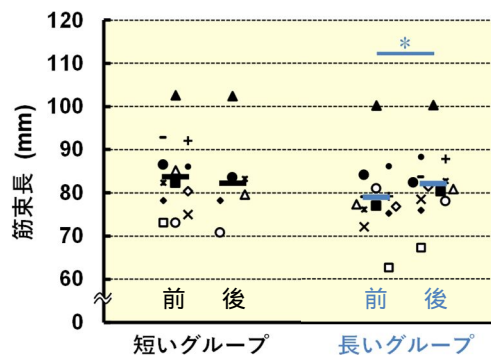


図 4 筋束長

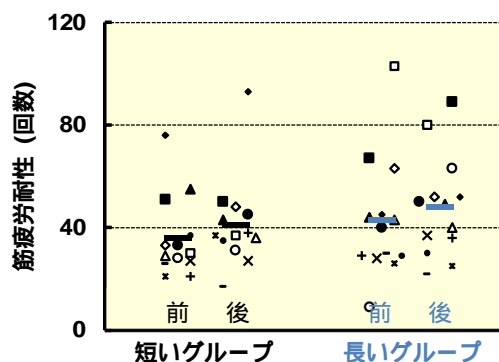


図 5 筋疲労耐性

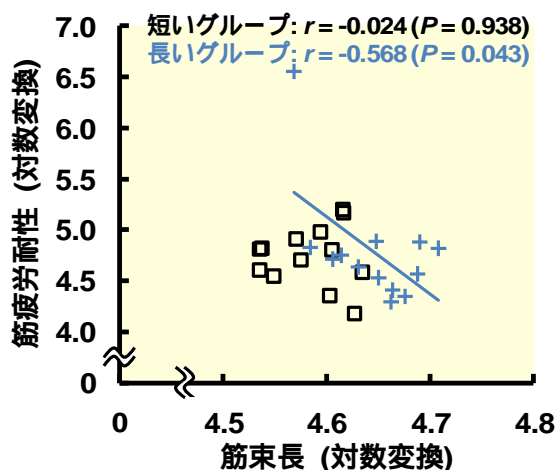
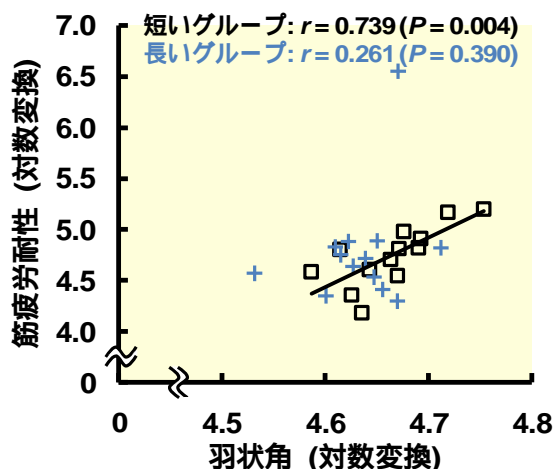


図 6 筋形状変化と筋疲労耐性変化の関係

- Physiol (1985). 2007 Nov;103(5):1565-75. doi: 10.1152/japplphysiol.00578.2007.
- (6) Ema R, Saito I, Akagi R. Neuromuscular adaptations induced by adjacent joint training. *Scand J Med Sci Sports*. 2018 Mar;28(3):947-960. doi: 10.1111/sms.13008.
- (7) Fukunaga T, Roy RR, Shellock FG, Hodgson JA, Edgerton VR. Specific tension of human plantar flexors and dorsiflexors. *J Appl Physiol (1985)*. 1996 Jan;80(1):158-65. doi: 10.1152/jappl.1996.80.1.158.
- (8) Jeng CL, Thawait GK, Kwon JY, Machado A, Boyle JW, Campbell J, Carrino JA. Relative strengths of the calf muscles based on MRI volume measurements. *Foot Ankle Int*. 2012 May;33(5):394-9. doi: 10.3113/FAI.2012.0394.
- (9) Akagi R, Hinks A, Davidson B, Power GA. Differential contributions of fatigue-induced strength loss and slowing of angular velocity to power loss following repeated maximal shortening contractions. *Physiol Rep*. 2020 Feb;8(3):e14362. doi: 10.14814/phy2.14362.

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 5件／うちオープンアクセス 9件）

1. 著者名 Akagi Ryota, Nomura Yuta, Kawashima Chiho, Ito Mari, Oba Kosuke, Tsuchiya Yuma, Power Geoffrey A., Hirata Kosuke	4. 巻 30
2. 論文標題 Trade-Off Between Maximal Power Output and Fatigue Resistance of the Knee Extensors for Older Men	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Journal of Aging and Physical Activity	6. 最初と最後の頁 1003 ~ 1013
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1123/japa.2021-0384	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 Hirata Kosuke, Ito Mari, Nomura Yuta, Kawashima Chiho, Tsuchiya Yuma, Ooba Kosuke, Yoshida Tsukasa, Yamada Yosuke, Power Geoffrey A., Tillin Neale A., Akagi Ryota	4. 巻 122
2. 論文標題 Muscle quality indices separately associate with joint-level power-related measures of the knee extensors in older males	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 European Journal of Applied Physiology	6. 最初と最後の頁 2271 ~ 2281
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/s00421-022-05005-2	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 Hirata Kosuke, Ito Mari, Nomura Yuta, Yoshida Tsukasa, Yamada Yosuke, Akagi Ryota	4. 巻 13
2. 論文標題 Can phase angle from bioelectrical impedance analysis associate with neuromuscular properties of the knee extensors?	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Frontiers in Physiology	6. 最初と最後の頁 965827
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3389/fphys.2022.965827	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 Akagi Ryota, Hinks Avery, Power Geoffrey A.	4. 巻 129
2. 論文標題 Differential changes in muscle architecture and neuromuscular fatigability induced by isometric resistance training at short and long muscle-tendon unit lengths	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Journal of Applied Physiology	6. 最初と最後の頁 173 ~ 184
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1152/jappphysiol.00280.2020	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 該当する

1. 著者名 Akagi Ryota, Sato Shinya, Hirata Naoya, Imaizumi Naoto, Tanimoto Hiroki, Ando Ryosuke, Ema Ryoichi, Hirata Kosuke	4. 巻 11
2. 論文標題 Eight-Week Low-Intensity Squat Training at Slow Speed Simultaneously Improves Knee and Hip Flexion and Extension Strength	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Frontiers in Physiology	6. 最初と最後の頁 893
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3389/fphys.2020.00893	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 Hirata Naoya, Sato Shinya, Tanimoto Hiroki, Imaizumi Naoto, Hirata Kosuke, Akagi Ryota	4. 巻 10
2. 論文標題 Individual differences in knee extensor fatigue induced by sustained mid-level contraction	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 The Journal of Physical Fitness and Sports Medicine	6. 最初と最後の頁 283 ~ 286
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.7600/jpfsm.10.283	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 Akagi R, Imaizumi N, Sato S, Hirata N, Tanimoto H, Hirata K.	4. 巻 50
2. 論文標題 Active recovery has a positive and acute effect on recovery from fatigue induced by repeated maximal voluntary contractions of the plantar flexors	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Journal of Electromyography and Kinesiology	6. 最初と最後の頁 102384
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.jelekin.2019.102384	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 Akagi R, Hinks A, Davidson B, Power GA.	4. 巻 8
2. 論文標題 Differential contributions of fatigue induced strength loss and slowing of angular velocity to power loss following repeated maximal shortening contractions	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Physiological Reports	6. 最初と最後の頁 e14362
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.14814/phy2.14362	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 Hirata Kosuke, Yamada Yosuke, Iida Natsuki, Kanda Akihiro, Shoji Mikio, Yoshida Tsukasa, Akagi Ryota	4. 巻 14
2. 論文標題 Relation of leg phase angle from bioelectrical impedance analysis with voluntary and evoked contractile properties of the plantar flexors	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Frontiers in Physiology	6. 最初と最後の頁 1292778
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3389/fphys.2023.1292778	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 Akagi Ryota, Miyokawa Yusuke, Shiozaki Daigo, Yajima Yoshinari, Yamada Koki, Kano Kosuke, Hashimoto Yuto, Okamoto Takanobu, Ando Soichi	4. 巻 41
2. 論文標題 Eight-week neuromuscular electrical stimulation training produces muscle strength gains and hypertrophy, and partial muscle quality improvement in the knee extensors	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Journal of Sports Sciences	6. 最初と最後の頁 2209 ~ 2228
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1080/02640414.2024.2318540	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 Hirata Kosuke, Ito Mari, Nomura Yuta, Kawashima Chiho, Yoshida Tsukasa, Yamada Yosuke, Tillin Neale A., Power Geoffrey A., Akagi Ryota	4. 巻 190
2. 論文標題 Home-based resistance training performed at either fast or slow speeds improves power output in older adults	5. 発行年 2024年
3. 雑誌名 Experimental Gerontology	6. 最初と最後の頁 112430
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.exger.2024.112430	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

〔学会発表〕 計9件 (うち招待講演 0件 / うち国際学会 5件)

1. 発表者名 Yuta Nomura, Mari Ito, Yuma Tsuchiya, Chiho Kawashima, Kosuke Oba, Kosuke Hirata, Neale Tillin, Ryota Akagi
2. 発表標題 Effects of home-based training using body mass at high speed on explosive strength and power of the knee extensors in older men
3. 学会等名 9th World Congress of Biomechanics (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 野村祐太, 伊藤真理, 土屋勇真, 川島千穂, 大庭功将, 山田陽介, 吉田司, 平田浩祐, 赤木亮太
2. 発表標題 在宅での自重トレーニングが高齢者の筋パワー及び骨格筋細胞量にもたらす効果: 膝関節伸展筋群を対象として
3. 学会等名 第34回日本トレーニング科学会大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Shinya Sato, Naoya Hirata, Hiroki Tanimoto, Naoto Imaizumi, Ryosuke Ando, Kosuke Hirata, Ryota Akagi
2. 発表標題 Can low-intensity squat exercise improve knee and hip flexion and extension strength simultaneously?
3. 学会等名 ISB/ASB 2019 (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Naoya Hirata, Shinya Sato, Hiroki Tanimoto, Naoto Imaizumi, Kosuke Hirata, Ryota Akagi
2. 発表標題 Individual differences in knee extensor fatigue induced by sustained middlelevel contraction
3. 学会等名 ISB/ASB 2019 (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 伊藤真理, 佐藤伸哉, 平田尚哉, 谷本洋樹, 今泉直人, 安藤良介, 山田陽介, 吉田司, 平田浩祐, 赤木亮太
2. 発表標題 8週間のスクワットトレーニングは大腿部の筋量及び骨格筋細胞量、膝関節伸展筋力及び屈曲筋力を増加させるか?
3. 学会等名 第32回日本トレーニング科学会大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 平田尚哉, 佐藤伸哉, 谷本洋樹, 今泉直人, 平田浩祐, 赤木亮太
2. 発表標題 8週間の低強度スロースクワットトレーニングが膝関節伸筋群の筋疲労耐性に及ぼす効果
3. 学会等名 第32回日本トレーニング科学学会大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Yuto Hashimoto, Sari Kanbayashi, Kota Anjiki, Itsuki Kanno, Kosuke Kano, Yusuke Miyokawa, Daigo Shiozaki, Yoshinari Yajima, Koki Yamada, Mizuki Sudo, Ryota Akagi, Soichi Ando, Takanobu Okamoto
2. 発表標題 Effect of electrical muscle stimulation training on arterial function in healthy young men
3. 学会等名 the 28th Annual Congress of the European College of Sport Science (国際学会)
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 Kosuke Kano, Ryota Akagi, Yuto Hashimoto, Yusuke Miyokawa, Daigo Shiozaki, Yoshinari Yajima, Koki Yamada, Sari Kanbayashi, Kota Anjiki, Itsuki Kanno, Mizuki Sudo, Takanobu Okamoto, Soichi Ando
2. 発表標題 CHARACTERISTIC OF THIGH MUSCLE HYPERTROPHY INDUCED BY ELECTRICAL MUSCLE STIMULATION TRAINING
3. 学会等名 the XXIX Congress of International Society of Biomechanics (国際学会)
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 山田恒輝, 御代川雄祐, 塩崎大悟, 矢島祥成, 加納康裕, 橋本佑斗, 岡本孝信, 安藤創一, 赤木亮太
2. 発表標題 膝関節伸筋群を対象とした8週間の神経骨格筋電気刺激トレーニングが筋力および筋体積に及ぼす影響
3. 学会等名 第36回日本トレーニング科学学会大会
4. 発表年 2023年

〔図書〕 計0件

〔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
主たる渡航先の主たる海外共同研究者	パワー ジェフリー (Power Geoffrey)	ゲルフ大学・College of Biological Sciences・Associate Professor	

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			
カナダ	ゲルフ大学			
カナダ	ゲルフ大学			