

## 科学研究費助成事業 研究成果報告書

令和 4 年 6 月 14 日現在

機関番号：32675  
研究種目：基盤研究(C)（一般）  
研究期間：2018～2021  
課題番号：18K10832  
研究課題名（和文）弾性タンパク質コネクチン（タイチン）が伸張性収縮前後の筋・関節機能に及ぼす影響  
研究課題名（英文）The effects of connectin (titin) on muscle and joint function before and after eccentric contractions  
研究代表者  
越智 英輔 (Ochi, Eisuke)  
法政大学・生命科学部・准教授  
研究者番号：90468778  
交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 3,400,000円

研究成果の概要（和文）：本研究では、ヒトを対象として弾性タンパク質コネクチン(TITIN)遺伝子多型と伸張性収縮運動前後の筋・関節機能に関する研究を行った。その結果、TITIN遺伝子多型のC/CはT/Tよりも伸張性収縮運動後の関節可動域の制限が抑制されることが示された。しかしながら、筋ステイフネスの変化については、TITIN遺伝子多型の関連性は示されなかった。また、アスリートにおける肩、肘関節柔軟性についてもTITIN遺伝子多型との関連性はみられなかった。さらにCRISPR-Cas9技術によりラットゲノムに正確に反映させた遺伝子改変ラットを作成することを計画したが、期間内に作成できなかった。

## 研究成果の学術的意義や社会的意義

関節柔軟性に深く関係する骨格筋の硬さ（筋硬度）と細胞骨格タンパク質関連遺伝子多型、あるいは伸張性収縮後の関節柔軟性・筋硬度の変化と遺伝的要因との関連性を明らかにした論文はなく、動物モデルによって関節柔軟性のメカニズムの解明を行った研究も少ない。そこで、本研究は関節柔軟性に関与するコネクチン（titin）に着目し、関節柔軟性・筋硬度の運動による変化を検討した。その結果、関節柔軟性はTITIN遺伝子多型と関連するものの、筋硬度との関連は健常者・競技者ともに認められなかった。以上の結果は関節柔軟性を規定する骨格筋の硬さ以外の要因がTITIN遺伝子と関連することを示唆していると考えられる。

研究成果の概要（英文）：We investigated the effect of Connectin/Titin SNPs on the muscle and joint functions before and after eccentric exercise in human and animal model. As the results, the untrained subjects of C/C allele shows reduced joint flexibility after eccentric exercise but no change in muscle stiffness. In addition, we tried to make the rat model with CRISPR-Cas9, but we could not complete in the period.

研究分野：運動生理学

キーワード：遺伝子多型 動物モデル 筋損傷 伸張性収縮 柔軟性 関節弛緩性

## 様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19 (共通)

### 1. 研究開始当初の背景

(1) 筋が引き伸ばされながら張力を発揮する伸張性収縮は短縮性収縮、等尺性収縮に比べて、筋力低下、筋肉痛、筋の腫脹、血中のクレアチンキナーゼの増加などが生じる(Nosaka et al., 2006)。伸張性収縮による筋損傷の原因は、サルコメアや筋内膜の形態変化、筋線維や結合組織における炎症反応によるものであると考えられている(Horobeti et al., 2013)。しかしながら、伸張性収縮が他の収縮様式に比べてより大きな筋損傷を引き起こす原因は未だ不明な点が多い。伸張性収縮によって生じる筋損傷の程度は、遺伝的要素が関与することが報告されている。実際に、我々のグループでは筋力発揮に関連する ACTN3 遺伝子 R577X 多型が伸張性収縮後の柔軟性の低下に関与していることを初めて報告した。関節の柔軟性は、特に損傷予防や新体操やフィギュアスケートなどの審美系スポーツにおいてその意義は大きいものの、科学的知見の集積は不十分である。これまでのところ結合組織関連遺伝子多型と関節可動域の検討が進んでいる。しかし、関節柔軟性に深く関係する骨格筋の硬さ(筋硬度)と細胞骨格タンパク質関連遺伝子多型、あるいは伸張性収縮後の関節柔軟性・筋硬度の変化と遺伝的要因との関連性を明らかにした論文はない。

(2) 数多くの病態は動物モデルによってメカニズムの解明を行う場合が多い。しかし、筋損傷・肥大モデルでは侵襲性の高いものが多く、生体条件での検討は乏しい。我々のグループではラット腓腹筋を対象とした *in vivo* 伸張性収縮モデルを作成し、筋損傷・肥大、筋・関節機能の変化、栄養摂取効果等を報告してきた。特に、関節機能を実験動物で評価した報告は、尾部懸垂モデルと我々のモデルのみである。我々は、このモデルを用いて右下図に示す関節機能に影響する因子に着目し、伸張性収縮後にヒトと同様に関節機能が低下する、骨格筋腱複合体の伸展性が低下する、骨格筋の弾性タンパク質コネクチンのアイソフォームは変化がない、ことを報告している。コネクチンは、サルコメアがストレッチされた際に分子的パネとして機能し、例えばラット腓腹筋では全体の受動張力のうち 41.3%を占めている。さらに最新では、アクチン、ミオシンに次ぐ第 3 のフィラメントとしてその重要性が注目されており、上述のスプリング機能のみならず筋肥大シグナルを活性化することも示唆されている。しかし、スポーツ・トレーニングとコネクチンとの関連については、上述のコネクチンアイソフォームは変化しないという報告にとどまっている。

### 2. 研究の目的

上記の背景から本研究では、ヒトを対象として弾性タンパク質コネクチン(TITIN)遺伝子多型と伸張性収縮運動前後の筋・関節機能に関する研究(実験 1)を行った。さらに実験 1 にて有意な SNP 変異をラットゲノムに反映した遺伝子改変ラットを作成することを目的とした。

### 3. 研究の方法

#### 3-1. 実験 1

実験 1 では 3 つの実験を実施した。1 つ目は、被験者 88 名を対象に、伸張性収縮運動前後の関節可動域、筋力、遅発性筋痛の変化と TITIN 遺伝子多型との関係を検討した(実験 1-A)。2 つ目は、被験者 36 名を対象に、伸張性収縮運動前後の剪断波エラストグラフィーによる筋ステイフネスと TITIN 遺伝子多型との関係を検討した(実験 1-B)。さらに、3 つ目として、大学野球選手 47 名を対象に、肩関節および肘関節の関節可動域と TITIN 遺伝子多型との関係を検討した(実験 1-C)。

#### (1) 被験者

実験 1-A および 1-B の被験者は、日頃からトレーニングを実施していない健康な男性とした。実験 1-C の被験者は、大学の野球部に所属する選手であった。いずれの実験においても、被験者には、薬やサプリメントを日常的に服用している者、肝臓、腎臓、心臓、呼吸器、内分泌、代謝疾患を有している者は含まれていなかった。全ての被験者に本研究に伴う危険性を口頭および書面にて説明し、書面にて同意を得た。

#### (2) 実験プロトコール

実験 1-A および 1-B では、全ての被験者に対して肘関節屈曲による伸張性収縮運動を実施した。関節可動域、筋力、遅発性筋痛および筋ステイフネスの評価は運動前、運動直後、運動 1、2、5 日後に実施した。実験後に唾液サンプルを採取し、TITIN 遺伝子多型で被験者を分類した。

実験 1-C では、全ての被験者に対して肩関節および肘関節の関節可動域を測定した後、唾液サンプルを採取し、TITIN 遺伝子多型で被験者を分類した。

#### (3) 伸張性収縮運動

被験者の非利き手の上腕屈筋群へ伸張性収縮運動を負荷した。伸張性収縮運動には等尺性最大筋力(MVC)の 100%に相当する重量のダンベルを用いて負荷した。1 回の伸張性収縮運動は、肘

関節 90 度から 180 度の 90 度の範囲を 3 秒間かけて負荷し、10 回を 6 セット合計 60 回実施した。

#### (4) 関節可動域 (ROM)

肘関節 ROM を定量化するために、ゴニオメーター (Takase Medical, Tokyo, Japan) を用いて、2 つの肘関節角度 (伸展および屈曲関節角度) を測定した。伸展関節角度は被験者が肘関節を完全に伸展した時、屈曲関節角度は被験者が完全に屈曲したときの角度とした。ROM は伸展関節角度から屈曲関節角度を差し引くことで算出した。

#### (5) 肩関節可動域 (ROM)

肩関節 ROM を定量化するために、ゴニオメーター (Takase Medical, Tokyo, Japan) を用いて、2 つの肩関節角度 (外旋および内旋角度) を測定した。肩を外転 90°、肘を 90° 屈曲させた仰臥位の姿勢で実施し、完全外旋位から完全内旋位を引いた値を肩関節可動域とした。

#### (6) 等尺性最大筋力 (MVC)

MVC は、筋力測定機器 (共和電業, LUR-A-100NSA1) を使用し、肘関節 90° における非利き腕の最大屈曲筋力を測定した。測定は、5 秒間の最大収縮を 30 秒間の休息を挟み 2 回実施し、最も高い値を採用した。

#### (7) 遅発性筋痛 (DOMS)

DOMS の評価は Visual Analog Scale (VAS) を用いた。本研究では、100mm の直線上において 0mm 地点の「痛みなし」から 100mm の「非常に痛い」までの尺度に設定した。測定前には同一被験者によって被験者の肘から上部 9cm の上腕部を 3 本の指で圧迫し、その際の主観的な筋痛を被験者自身で記録させた。なお、圧迫時は被験者に腕を降ろしリラックスするよう指示した。

#### (8) 筋スティフネス

剪断波エラストグラフィを使用して、70°、110°、150° の肘の角度で筋スティフネスを測定した。電子リニアアレイプローブ (SL15-4, Supersonic Imagine) を上腕二頭筋に縦方向に配置した。筋スティフネスの尺度である剪断弾性率 ( $\mu$ ) は、次の式を使用して計算した。

$$\mu = Vs^2; \quad \mu = \text{筋の密度 (1,000 kg / m}^3\text{)}, Vs^2 = \text{剪断波伝播速度}$$

#### (9) TITIN 遺伝子多型

DNA 採取キット (オラジーン ディスカバー, OGR-600) を使用して、被験者の唾液サンプルから DNA を採取した。TITIN 遺伝子多型は、TaqMan® SNP Genotyping Assay およびリアルタイム PCR システム (Bio-Rad, CA) を使用してジェノタイピングした。

### 3-2. 実験 2

#### (実験 2-1) 遺伝子編集したラットの筋力、筋量、筋硬度

CRISPR-Cas9 技術によりラットゲノムに正確に反映させた遺伝子改変ラットを作成し、関節、摘出筋の発揮筋力や柔軟性の指標 (受動トルク)、コネクチンを含め関連するタンパク質・mRNA を定量化することを計画したが、期間内に作成できなかった。

## 4. 研究成果

### (1) 実験 1-A

実験 1-A における TITIN 遺伝子多型は、T/T が 5 名 (年齢 20.0 ± 1.0 歳、身長 174.0 ± 7.4cm、体重 67.2 ± 12.7kg、BMI 22.2 ± 3.7)、C/T が 27 名 (年齢 20.3 ± 1.4 歳、身長 171.8 ± 6.0cm、体重 64.2 ± 7.8kg、BMI 21.7 ± 2.0)、C/C が 56 名 (年齢 21.2 ± 3.6 歳、身長 173.7 ± 5.6cm、体重 67.0 ± 8.1kg、BMI 22.2 ± 2.2) であった。

ベースラインの体重あたりの筋力 (MVC) は C/T が T/T および C/C に比べて有意に高い値を示した (図 1A,  $p < 0.05$ )。一方で、ベースラインの肘関節 ROM については有意な差はみられなかった (図 1B)。

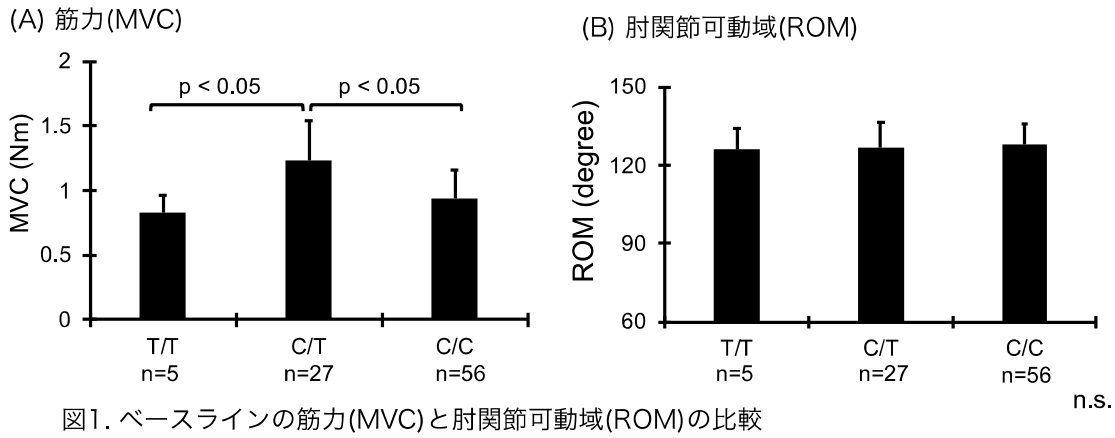


図1. ベースラインの筋力(MVC)と肘関節可動域(ROM)の比較

また、伸張性収縮による筋損傷については、筋力の変化はTITIN 遺伝子多型による違いはみられなかった(図 2A)。肘関節 ROM は、運動 2 日後において、C/C が T/T と比較して有意に高い値を示した(図 2B,  $p < 0.05$ )。一方で、遅発性筋痛は TITIN 遺伝子多型による違いはみられなかった(図 2C)。

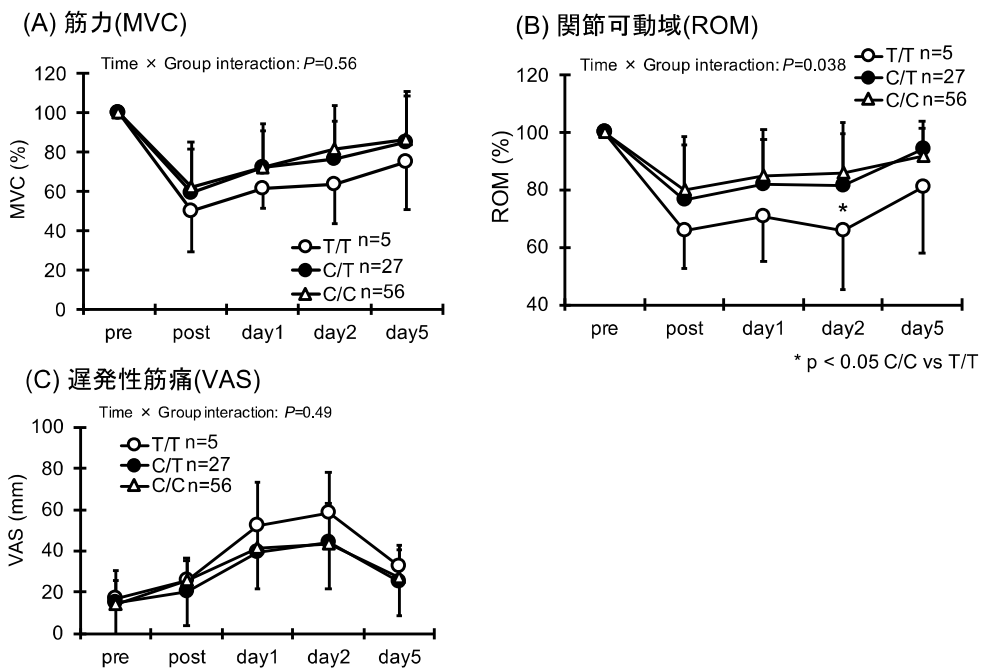


図2. 伸張性収縮運動前後の筋力(MVC)、肘関節可動域(ROM)、遅発性筋痛(VAS)の変化

## (2)実験 1-B

実験 1-B における TITIN 遺伝子多型は、T/T が 4 名(年齢  $20.0 \pm 1.2$  歳、身長  $173.0 \pm 8.2$ cm、体重  $67.0 \pm 14.6$ kg、BMI  $17.5 \pm 8.9$ )、C/T が 12 名(年齢  $20.8 \pm 1.7$  歳、身長  $173.4 \pm 5.0$ cm、体重  $66.7 \pm 8.5$ kg、BMI  $18.4 \pm 5.2$ )、C/C が 20 名(年齢  $21.0 \pm 1.0$  歳、身長  $174.5 \pm 5.7$ cm、体重  $69.5 \pm 10.5$ kg、BMI  $20.4 \pm 5.0$ )であった。

伸張性収縮による筋スティフネスの変化は TITIN 遺伝子多型による違いはみられなかった(図 3)。

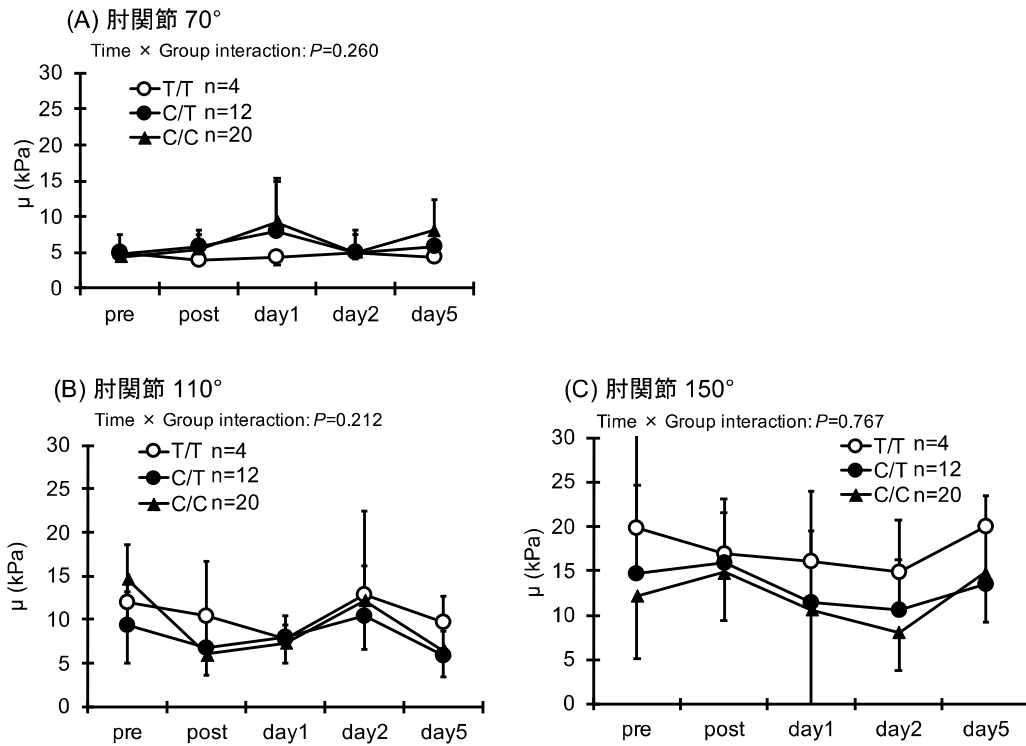


図3. 伸張性収縮運動前後の筋スティフネスの変化

### (3)実験 1-C

実験 1-C における TITIN 遺伝子多型は、C/T が 32 名(身長  $179.3 \pm 4.9$ cm、体重  $79.7 \pm 7.7$ kg、BMI  $24.8 \pm 1.7$ )、C/C が 15 名(身長  $176.0 \pm 6.2$ cm、体重  $75.9 \pm 7.7$ kg、BMI  $24.5 \pm 2.3$ )であった。なお、本実験では T/T の被験者は含まれなかった。

肩関節および肘関節の関節可動域は、利き腕、非利き腕ともに TITIN 遺伝子多型による違いはみられなかった(図 4)。

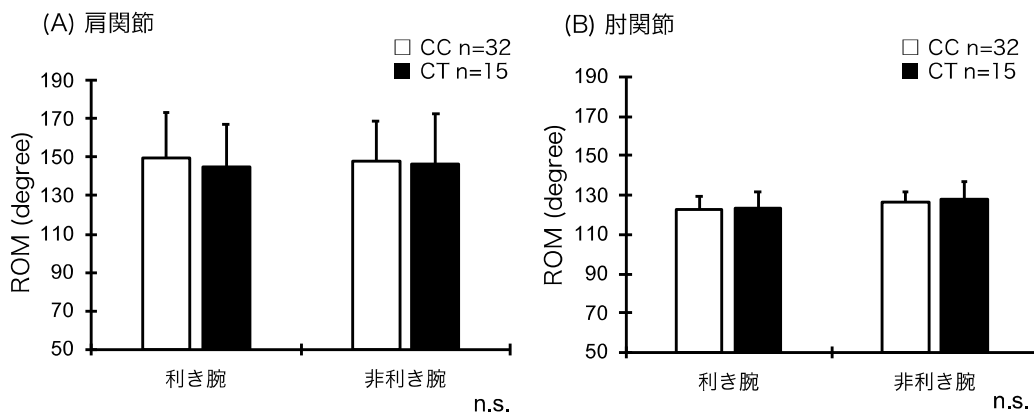


図4. TITIN遺伝子多型による利き腕および非利き腕の肩関節(A)と肘関節(B)の関節可動域の違い

実験 1 の結果から、TITIN 遺伝子多型の C/C は T/T よりも伸張性収縮運動後の関節可動域の制限が抑制されることが示された。しかしながら、筋スティフネスの変化については、TITIN 遺伝子多型の関連性は示されなかった。また、アスリートにおける肩、肘関節柔軟性についても TITIN 遺伝子多型との関連性はみられなかった。これらの結果は関節柔軟性を規定する骨格筋の硬さ以外の要因が TITIN 遺伝子と関連することを示唆していると考えられる。

## 5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計27件（うち査読付論文 27件／うち国際共著 3件／うちオープンアクセス 9件）

1. 著者名 MORISHIMA TAKUMA, TSUCHIYA YOSUKE, UEDA HISASHI, TSUJI KATSUNORI, OCHI EISUKE	4. 巻 52
2. 論文標題 Sitting-induced Endothelial Dysfunction Is Prevented in Endurance-trained Individuals	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Medicine & Science in Sports & Exercise	6. 最初と最後の頁 1770 ~ 1775
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1249/MSS.0000000000002302	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 Tsuchiya Yosuke, Ueda Hisashi, Sugita Naoki, Ochi Eisuke	4. 巻 40
2. 論文標題 Low Dose of $\beta$ -Hydroxy- $\beta$ -Methylbutyrate (HMB) Alleviates Muscle Strength Loss and Limited Joint Flexibility following Eccentric Contractions	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Journal of the American College of Nutrition	6. 最初と最後の頁 211 ~ 218
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1080/07315724.2020.1752330	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 Hirano Tomonobu, Motohashi Tomomitsu, Okumura Kosuke, Takajo Kentaro, Kuroki Taiyo, Ichikawa Daisuke, Matsuoka Yutaka, Ochi Eisuke, Ueno Taro	4. 巻 22
2. 論文標題 Data Validation and Verification Using Blockchain in a Clinical Trial for Breast Cancer: Regulatory Sandbox	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Journal of Medical Internet Research	6. 最初と最後の頁 e18938 ~ e18938
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.2196/18938	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 Morishima Takuma, Tsuchiya Yosuke, Ueda Hisashi, Ochi Eisuke	4. 巻 8
2. 論文標題 Muscular endurance and muscle metabolic responses to 8 weeks of omega 3 polyunsaturated fatty acids supplementation	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Physiological Reports	6. 最初と最後の頁 e14546
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.14814/phy2.14546	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 Morishima Takuma, Padilla Jaume, Tsuchiya Yosuke, Ochi Eisuke	4. 巻 129
2. 論文標題 Maintenance of endothelial function following acute resistance exercise in females is associated with a tempered blood pressure response	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Journal of Applied Physiology	6. 最初と最後の頁 792 ~ 799
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1152/jappphysiol.00378.2020	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 Ueda Hisashi, Tsuchiya Yosuke, Ochi Eisuke	4. 巻 11
2. 論文標題 Fast-Velocity Eccentric Cycling Exercise Causes Greater Muscle Damage Than Slow Eccentric Cycling	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Frontiers in Physiology	6. 最初と最後の頁 596640
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3389/fphys.2020.596640	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 Tidball James G., Flores Ivan, Welc Steven S., Wehling-Henricks Michelle, Ochi Eisuke	4. 巻 145
2. 論文標題 Aging of the immune system and impaired muscle regeneration: A failure of immunomodulation of adult myogenesis	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Experimental Gerontology	6. 最初と最後の頁 111200 ~ 111200
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.exger.2020.111200	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 Ochi Eisuke, Yanagimoto Kenichi, Tsuchiya Yosuke	4. 巻 9
2. 論文標題 Plasma Eicosapentaenoic Acid Is Associated with Muscle Strength and Muscle Damage after Strenuous Exercise	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Sports	6. 最初と最後の頁 11 ~ 11
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3390/sports9010011	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 Tsuji Katsunori, Matsuoka Yutaka J., Ochi Eisuke	4. 巻 21
2. 論文標題 High-intensity interval training in breast cancer survivors: a systematic review	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 BMC Cancer	6. 最初と最後の頁 184
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1186/s12885-021-07804-w	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 Tsuchiya Yosuke, Ueda Hisashi, Yanagimoto Kenichi, Kato Ayaka, Ochi Eisuke	4. 巻 18
2. 論文標題 4-week eicosapentaenoic acid-rich fish oil supplementation partially protects muscular damage following eccentric contractions	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Journal of the International Society of Sports Nutrition	6. 最初と最後の頁 18
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1186/s12970-021-00411-x	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 Tsuchiya Yosuke, Yanagimoto Kenichi, Ueda Hisashi, Ochi Eisuke	4. 巻 16
2. 論文標題 Supplementation of eicosapentaenoic acid-rich fish oil attenuates muscle stiffness after eccentric contractions of human elbow flexors	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Journal of the International Society of Sports Nutrition	6. 最初と最後の頁 19
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1186/s12970-019-0283-x	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 Tsuchiya Yosuke, Hirayama Kinjiro, Ueda Hisashi, Ochi Eisuke	4. 巻 38
2. 論文標題 Two and four weeks of -Hydroxy- -Methylbutyrate (HMB) supplementations reduce muscle damage following eccentric contractions	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Journal of the American College of Nutrition	6. 最初と最後の頁 373 ~ 379
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1080/07315724.2018.1528905	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 Tsuchiya Yosuke, Ueda Hisashi, Ochi Eisuke	4. 巻 59
2. 論文標題 Muscular recruitment is associated with muscular function and swelling following eccentric contractions of human elbow flexors	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 The Journal of Sports Medicine and Physical Fitness	6. 最初と最後の頁 1097 ~ 1101
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.23736/S0022-4707.18.09102-8	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 Morishima Takuma, Toyoda Masahira, Ochi Eisuke	4. 巻 119
2. 論文標題 Prior cycling exercise does not prevent endothelial dysfunction after resistance exercise	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 European Journal of Applied Physiology	6. 最初と最後の頁 1663 ~ 1669
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/s00421-019-04154-1	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 Morishima Takuma, Iemitsu Motoyuki, Ochi Eisuke	4. 巻 29
2. 論文標題 Short term cycling restores endothelial dysfunction after resistance exercise	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports	6. 最初と最後の頁 1115 ~ 1120
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1111/sms.13434	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 Tsuji Katsunori, Ochi Eisuke, Okubo Ryo, Shimizu Yoichi, Kuchiba Aya, Ueno Taro, Shimazu Taichi, Kinoshita Takayuki, Sakurai Naomi, Matsuoka Yutaka	4. 巻 9
2. 論文標題 Effect of home-based high-intensity interval training and behavioural modification using information and communication technology on cardiorespiratory fitness and exercise habits among sedentary breast cancer survivors: habit-B study protocol for a randomised controlled trial	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 BMJ Open	6. 最初と最後の頁 e030911 ~ e030911
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1136/bmjopen-2019-030911	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 Ochi Eisuke, Tsuchiya Yosuke	4. 巻 28
2. 論文標題 Eicosapentaenoic acid and docosahexaenoic acid in endurance performance and cardiovascular function	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Exercise Science	6. 最初と最後の頁 317 ~ 323
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.15857/ksep.2019.28.4.317	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 Morishima Takuma, Tsuchiya Yosuke, Padilla Jaume, Ochi Eisuke	4. 巻 45
2. 論文標題 Eight weeks of fish oil supplementation does not prevent sitting-induced leg endothelial dysfunction	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Applied Physiology, Nutrition, and Metabolism	6. 最初と最後の頁 55 ~ 60
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1139/apnm-2019-0138	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 Shimizu Yoichi, Tsuji Katsunori, Ochi Eisuke, Arai Hirokazu, Okubo Ryo, Kuchiba Aya, Shimazu Taichi, Sakurai Naomi, Narisawa Tomomi, Ueno Taro, Iwata Hiroji, Matsuoka Yutaka	4. 巻 10
2. 論文標題 Study protocol for a nationwide questionnaire survey of physical activity among breast cancer survivors in Japan	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 BMJ Open	6. 最初と最後の頁 e032871 ~ e032871
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1136/bmjopen-2019-032871	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 Ochi Eisuke, Ueda Hisashi, Tsuchiya Yosuke, Kouzaki Karina, Nakazato Koichi	4. 巻 30
2. 論文標題 Eccentric contraction-induced muscle damage in human flexor pollicis brevis is accompanied by impairment of motor nerve	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports	6. 最初と最後の頁 462 ~ 471
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1111/sms.13589	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 Morishima Takuma, Ito Mamoru, Tsuchiya Yosuke, Ueda Hisashi, Ochi Eisuke	4. 巻 179
2. 論文標題 Physical characteristics and fitness in elite collegiate baseball players in Japan: comparison of pitchers vs. fielders	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Gazzetta Medica Italiana Archivio per le Scienze Mediche	6. 最初と最後の頁 136 ~ 142
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.23736/S0393-3660.19.04048-8	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 Ochi Eisuke, Tsuchiya Yosuke	4. 巻 10
2. 論文標題 Eicosapentaenoic Acid (EPA) and Docosahexaenoic Acid (DHA) in Muscle Damage and Function	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Nutrients	6. 最初と最後の頁 552 ~ 552
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3390/nu10050552	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 Sato Teruyuki, Sakuraba Keishoku, Tsuchiya Yosuke, Maruyama Shinya, Ochi Eisuke	4. 巻 32
2. 論文標題 Seasonal Variations of Bone Metabolism and Bone Mineral Density in Collegiate Alpine Skiers	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Journal of Strength and Conditioning Research	6. 最初と最後の頁 1448 ~ 1454
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1519/JSC.0000000000001987	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 Ochi Eisuke, Maruo Masataka, Tsuchiya Yosuke, Ishii Naokata, Miura Koji, Sasaki Kazushige	4. 巻 9
2. 論文標題 Higher Training Frequency Is Important for Gaining Muscular Strength Under Volume-Matched Training	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Frontiers in Physiology	6. 最初と最後の頁 744
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3389/fphys.2018.00744	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 Tsuchiya Yosuke, Nakazato Koichi, Ochi Eisuke	4. 巻 118
2. 論文標題 Contralateral repeated bout effect after eccentric exercise on muscular activation	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 European Journal of Applied Physiology	6. 最初と最後の頁 1997 ~ 2005
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/s00421-018-3933-9	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 Morishima Takuma, Tsuchiya Yosuke, Iemitsu Motoyuki, Ochi Eisuke	4. 巻 315
2. 論文標題 High-intensity resistance exercise with low repetitions maintains endothelial function	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 American Journal of Physiology-Heart and Circulatory Physiology	6. 最初と最後の頁 H681 ~ H686
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1152/ajpheart.00281.2018	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 Ochi Eisuke, Yanagimoto Kenichi, Morishima Takuma, Tsuchiya Yosuke.	4. 巻 38
2. 論文標題 Eicosapentaenoic Acid-Rich Fish Oil Supplementation Inhibits the Decrease in Concentric Work Output and Muscle Swelling of the Elbow Flexors.	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Journal of the American College of Nutrition	6. 最初と最後の頁 125-131
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0件

〔図書〕 計2件

1. 著者名 Sourya Datta, Debasis Bagchi, Ochi Eisuke, Tsuchiya Yosuke	4. 発行年 2019年
2. 出版社 CRC Press	5. 総ページ数 388
3. 書名 Extreme and Rare Sports: Performance Demands, Drivers, Functional Foods, and Nutrition (Chapter 18 Skeletal Muscle Damage and Recovery from Eccentric Contractions)	

1. 著者名 森谷 敏夫、越智 英輔	4. 発行年 2019年
2. 出版社 エヌ・ティー・エス(NTS)	5. 総ページ数 342
3. 書名 筋肉研究最前線：代謝メカニズム、栄養、老化・疾病予防、科学的トレーニング法(第7章1節 筋損傷を抑制するためのEPA・DHAの摂取について)	

〔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
研究分担者	中里 浩一 (Nakazato Koichi) (00307993)	日本体育大学・保健医療学部・教授  (32672)	
研究分担者	菊池 直樹 (Naoki Kikuchi) (10739478)	日本体育大学・体育学部・准教授  (32672)	

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
---------	---------