

令和 4 年 6 月 16 日現在

機関番号：17501

研究種目：基盤研究(B)（一般）

研究期間：2018～2020

課題番号：18H03131

研究課題名（和文）筋萎縮の回復促進に最良の負荷運動刺激を探る-高精度刺激評価装置による網羅的検証-

研究課題名（英文）Effective exercise to promote recovery from muscle atrophy

研究代表者

河上 敬介（Kawakami, Keisuke）

大分大学・福祉健康科学部・教授

研究者番号：60195047

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）：近年、萎縮筋に有効なトレーニング方法は、健常筋へのトレーニング方法とは異なるといわれる。そこで、まず萎縮筋と健常筋の特性の違いを明らかにした。また、免荷期間と筋の特性との関係を明らかにした。特に、これまで不明であった、萎縮筋における筋内リンパ管の変化と役割について明らかにした。そして、開発したマウス用の力学刺激・評価装置を用いて、効果的な負荷運動刺激の与え方やそのメカニズムを明らかにした。

研究成果の学術的意義や社会的意義

萎縮筋に対するトレーニング方法の検証や開発は、健常筋へのトレーニング方法に比べ立ち遅れている。また、臨床において筋力低下からの回復は、筋を使わない（廃用）期間によって異なることを経験する。そこで本研究では、まず廃用期間と萎縮筋特性との関係について解明した。特にこれまで未開であった、リンパ管に着目して明らかにした。そして、これらの萎縮筋に対する効果的にトレーニングの方法を明らかにした。これらの成果は、様々なステージの筋萎縮に対する有効な回復法の開発の礎になると考える。

研究成果の概要（英文）：In recent studies, effective training methods for atrophic muscles have shown different from those for healthy muscles. Therefore, we identified differences in the characteristics of atrophic and healthy muscles. The relationship between the duration of unloading and muscle characteristics was demonstrated, especially, the changes of intramuscular lymphatic vessels in atrophic muscles. We have also clarified how to provide effective exercise for atrophic muscles and elucidated the mechanisms.

研究分野：小区分：リハビリテーション科学の理学療法学のうち基礎理学療法学

キーワード：骨格筋 萎縮 回復促進 筋力トレーニング マウス

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。

様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

廃用、疾病、加齢などにより骨格筋は萎縮し、筋力低下を引き起こす。筋力低下は、身体活動の制限や転倒事故を引き起こす大きな原因である。また、筋萎縮では筋線維が細くなるとともに筋線維間隙が広がり、そこには組織間液が停滞する。我々はこの状態を筋浮腫とよぶ。この筋浮腫は、腰痛・肩こり・頭痛といった筋痛症候群を引き起こし、更なる身体活動の制限を生じさせ、健康寿命を短縮させる。この筋浮腫を持つ筋萎縮に対して、理学療法では運動療法・物理療法・マッサージなどの力学刺激による治療が行われる。しかし、これらの理学療法は経験則に頼るところが多く、それらの効果の有無も科学的に証明されているわけではない。この、筋浮腫には、組織間質液のクリアランスを担うリンパ管が重要な役割を果たすと考えられる。筋内の正常リンパ管分布に関する初めての報告¹⁾が2007年であり、定量的な手法を用いた信憑性のある報告はない。

一方、力学刺激による分子や細胞の応答や、そのメカニズムに関する研究は、近年目覚ましい発展を遂げている。健全な筋に対するトレーニングによる効果的な肥大の方法やメカニズムに関しても、分子・細胞・組織レベルの研究により、多くのことが明らかになってきた。ただ、これまでの我々の研究で、筋萎縮に対する回復には正常筋の肥大とは異なるメカニズムがあることを示唆する結果を得ている²⁾。マウスに尾部懸垂を行うと、後肢の筋線維横断面積は2週間で正常筋の1/2にまで萎縮する。この萎縮した筋は、再荷重により2-4週間で正常筋の太さに回復する。しかしこの筋萎縮動物モデルに負荷運動を実施すると、わずか7日間で正常筋の太さまで回復した。正常筋の肥大に要するトレーニング期間が8-16週間であることを考えると、萎縮した筋の太さの回復は異常に早い現象である。また、この萎縮した筋へのトレーニングでは正常筋へのトレーニングでは認められない、筋衛星細胞の活性化と、既存筋線維への融合による筋線維内核数の増加が認められ、正常筋の肥大とは異なるメカニズムの存在が考えられた。よって、その回復を促進させる運動負荷の方法も健全筋とは異なるはずである。しかしながら、理学療法が対象とする筋萎縮の回復促進のための効果的な負荷運動刺激法は不明である。また、筋萎縮に伴う筋浮腫の病態に関連深いと考えられる循環系の変化(特にリンパ管系)と、それに対する効果的な理学療法には全く手が付けられていない。これらの現象のメカニズムも不明なことが多い。

2. 研究の目的

まず萎縮筋と健全筋の特性の違いを、免荷期間の違いも含めて明らかにすることである。特に、これまで不明であった、萎縮筋における筋内リンパ管の変化と役割について明らかにする。そして、筋萎縮に対して強度・頻度・インターバル等を高精度でコントロールした力学刺激を与え、効果的な負荷運動刺激の与え方やそのメカニズムの一端を明らかにすることである。

3. 研究の方法

(1) マウス骨格筋用力学刺激・評価装置の作製と検証についての概要

マウスはラットに比べ体重が約1/10であり、後肢長や筋力も大きく異なる。よって、これまでに作製したラット骨格筋用力学刺激・評価装置では、トルクセンサ、モータ、ラット足部の保持システム³⁾では測定精度が下がり、兼用できなかった。そこで、ラット骨格筋用力学刺激・評価装置の改良と、マウス足関節底屈筋群の最大等尺性収縮時のトルク測定精度の検証を行った。

(2) 筋萎縮と筋内リンパ管係と毛細血管分布の関係とそのメカニズムの検証についての概要

11週齢のC57BL/6雄性マウスを、後肢免荷のために2週間のTS(2W-TS)および4週間のTS(4W-TS)を実施する群と、同週齢の対照群とに振り分けた。飼育終了後、生理学的検証として下腿後面に電気刺激を与え足関節底屈筋群の最大等尺性収縮運動時の足関節トルクを測定した。各群から採取したヒラメ筋の湿重量を測定した後に連続凍結横断切片を作製し、組織学的検証として、HE染色、抗LYVE-1抗体および抗CD31抗体を用いた二重免疫染色を施し、筋線維横断面積や毛細リンパ管数、毛細血管数を測定した。さらに生化学的検証として、Real-Time RT-PCRにより、リンパ管新生因子(VEGF-C/D)とその受容体(VEGFR-3)のmRNA発現量を測定した。

(3) 筋萎縮に対する負荷運動刺激による回復促進効果と筋内リンパ管係分布応答の検証についての概要

2週間の尾部懸垂後のマウス(C57BL/6J)を用いて、その効果的な回復促進法を導く刺激強度、刺激回数、刺激頻度を検証した。なお、一日の負荷運動時間は15分~30分間を基準に設定した。

ただ、(2)の実験から筋萎縮期間(2週間と4週間)の違いにより、回復促進効果が異なる可能性があることが分かってきた。そこで、筋萎縮期間の違いによる回復促進効果の違いに関して精査した。後肢免荷状態で、2週間、4週間飼育したマウスに対して負荷運動を毎日実施した。2週間の後肢免荷後3日間の再荷重後の筋湿重量は、非免荷群と差がなくなったという報告がある⁴⁾。そこで負荷運動開始3日後に、マウス足関節底屈筋群の最大収縮時のトルク、ヒラメ筋の

湿重量、筋線維横断面積を測定した。

4. 研究成果

(1) マウス骨格筋用力学刺激・評価装置の作製と検証
 ラット骨格筋用力学刺激・評価装置をマウス用に改変した (Fig. 1)。同一個体で測定部を変えて、足関節底屈トルクを測定したところ、標準偏差が測定値の 1/10 以下で測定できることが判明した。測定者を変えながら本装置を用い、コントロール、免荷 2 週間後及び免荷 4 週間後の足関節底屈トルクを測定しても、結果にばらつきはなく、マウス足関節の機能的変化をとらえるのに十分な装置であると考えられた。

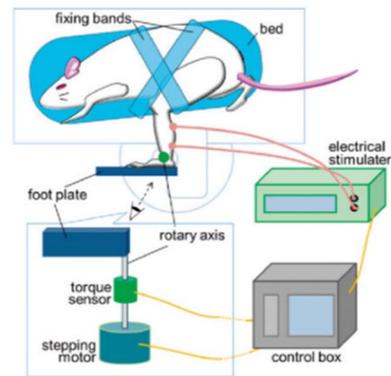


Fig. 1. マウス骨格筋用力学刺激・評価装置

(2) 筋萎縮と筋内リンパ管系分布の関係とそのメカニズムの検証

2 週間の TS, 4 週間の TS 後の, 筋湿重量, CSA, 足関節最大底屈トルクを Fig. 2 に示す。2 週間の TS 群と 4 週間の TS 群で, 筋湿重量, CSA, 足関節最大底屈トルクが CON 群に比べて有意に減少した (Fig. 2)。ただ, 2 週間の TS 群と 4 週間の TS 群間に有意差がないことが示された。これは, マウスのヒラメ筋 CSA は, 2 週間の TS で 37%, 4 週間の TS で 33% 減少するといった結果⁵⁾や, マウスのヒラメ筋 CSA は 13 週間の宇宙飛行で 35% 減少したという報告⁶⁾ (Sandona, 2012) を支持する結果であり, 筋萎縮は TS2 週間までに急速に進行し, その後の進行は少ないと考えられた。

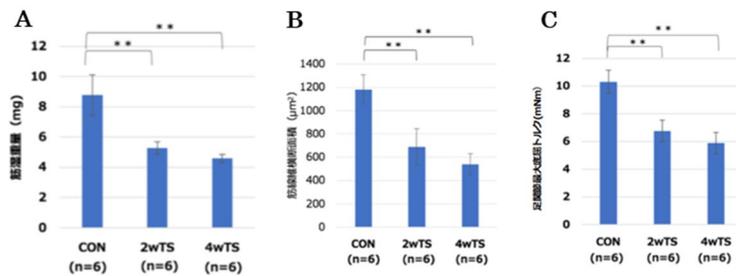


Fig. 2 CON群, 2wTS群, 4wTS群における, 筋湿重量 (A), CSA (B), 足関節最大底屈トルク (C)
 (The value are means ± SD, *P<0.05, **P<0.01)

毛細管数は, 2 週間の TS のヒラメ筋 1 筋腹中に 1505.2 本でありコントロール群 (1794.5 本) に比べ有意な減少が認められた (Fig. 3)。しかし, TS4 週間後では, TS2 週間群との間に有意な差は認められなかった。一方, 過剰な組織間質液のクリアランスに重要な役割を果たすリンパ管数は, TS2 週間で 1 筋腹中に 122.5 本でありコントロール群 (130.8 本) との間に有意な差はなかった。しかし, TS4 週間後では, 96.5 本でありコントロール群 (128.7 本) に比べ有意な減少が認められ, 毛細血管の減少よりも遅れて減少することが判明した。なお, このリンパ管の減少には, リンパ管新生関連分子である VEGF-C, VEGF-D の減少が関与していることが示唆された。

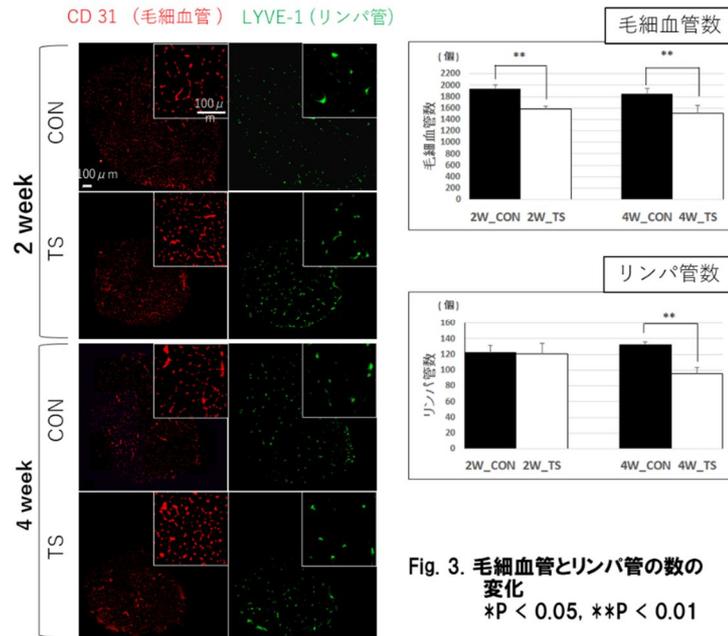


Fig. 3. 毛細血管とリンパ管の数の変化
 *P < 0.05, **P < 0.01

これまでの, 実験動物を用いた筋萎縮や筋萎縮に対するトレーニング効果の検証やそのメカニズムの研究の多くは, 免荷やギプス固定を 2 週間施行した後に行われてきた。本研究の結果から, 免荷を 2 週間以上施行した場合筋萎縮の程度は変わらなくなるが, その萎縮筋の性状は異なることが判明した。ひょっとしたら, 長期寝たきりの患者の萎縮筋に対する理学療法やそのメカニズムの解明には, 4 週間以上の免荷後の筋で実施する必要があるかもしれない。TS 期間を変えた両モデルは, 少なくとも微小循環系においてはそれぞれ異なる特徴を持っており, 各廃用性筋萎縮の時期に対する有効な理学療法研究にも役立つものと考えられる。よって, 両免荷期間後の回復や運動効果の検証が必要であることが示唆された。

(3) 筋萎縮に対する負荷運動刺激による回復促進効果と筋内リンパ管系分布応答の検証

2週間の尾部懸垂後に、収縮の種類は等尺性の繰り返し収縮運動刺激(5秒収縮5秒弛緩)を、運動開始後の収縮強度を最大筋力の40%で1週間行くと、最も回復が促進されることが判明した。筋萎縮期間の違いによる回復促進効果の違いに関して精査するために、後肢免荷状態で、2週間、4週間飼育したマウスに対して、これまでと同様の負荷運動を毎日実施した。

2週間の後肢免荷後3日間の負荷運動を行うと、筋線維横断面積は2週間の後肢免荷に比べ有意に高い値を示し、非免荷群との間に有意差がなかったことから、筋萎縮から回復へ向かっていると考えられた(Fig. 5)。一方、4週間の後肢免荷後3日間の負荷運動を行うと、筋線維横断面積は4週間の後肢免荷に比べ有意に高い値を示したが、非免荷群との間に有意差があったことから、2週間に比べ4週間の後肢免荷後の3日間の筋力トレーニングでは、筋萎縮からの回復に遅延が生じていると考えた。ただ、ICRマウスのヒラメ筋筋線維横断面積は、2週間の後肢免荷後の1週間のトレーニングでほぼ非免荷群に近い値まで回復したとの報告もある²⁾。よって、さらに長期間の筋力トレーニングでの検証が必要であると考えられた。

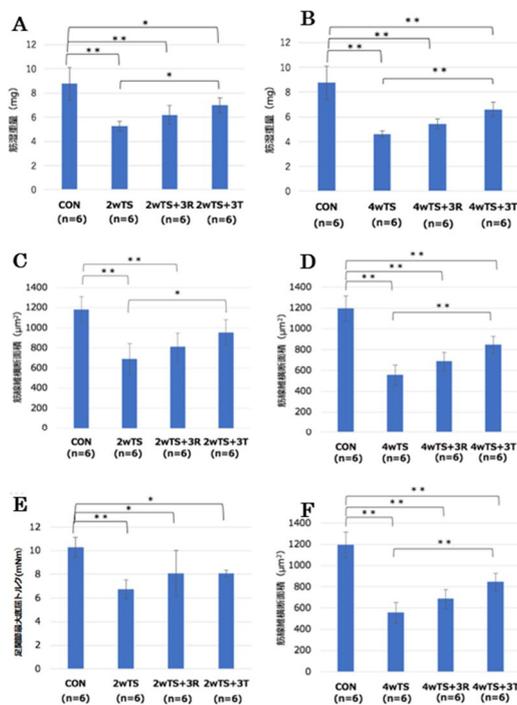


Fig. 5. A, C, Eは2週間のTS実施後のトレーニング効果、B, D, Fは4週間のTS実施後のトレーニング効果を示す。筋湿重量(A, B), CSA(C, D), 足関節最大底屈トルク(E, F)

The value are means ± SD, *: $P < 0.05$, **: $P < 0.01$

<引用文献>

- 1) Riikka Kivelä, Mika Silvennoinen, Maarit Lehti, Heikki Kainulainen, Veikko Vihko.: Effects of acute exercise, exercise training, and diabetes on the expression of lymphangiogenic growth factors and lymphatic vessels in skeletal muscle. *Am J Physiol Heart Circ Physiol*, 293: H2573-H2579, 2007.
- 2) Yuta Itoh, Taro Murakami, Tomohiro Mori, Nobuhide Agata, Nahoko Kimura, Masumi Inoue-Miyazu, Kimihide Hayakawa, Takayuki Hirano, Masahiro Sokabe, Keisuke Kawakami.: Training at non-damaging intensities facilitates recovery from muscle atrophy. *Muscle & Nerve*, 55:243-253, 2017.
- 3) Tomohiro Mori, Nobuhide Agata, Yuta Itoh, Masumi Inoue-Miyazu, Kazue Mizumura, Masahiro Sokabe, Toru Taguchi, Keisuke Kawakami.: Post-injury stretch promotes recovery in a rat model of muscle damage induced by lengthening contractions. *The J Physiol Sci*, 68: 483-492, 2018.
- 4) Fei Wang, Peng Zhang, Hongju Liu, Ming Fan, Xiaoping Chen.: Proteomic analysis of mouse soleus muscles affected by hindlimb unloading and reloading. *Muscle Nerve*, 52:803-811, 2015.
- 5) Takafumi Kawashima, Rui Cheng Ji, Yuta Itoh, Nobuhide Agata, Nobuaki Sasai, Taro Murakami, Masahiro Sokabe, Fumihiko Hamada, Keisuke Kawakami.: Morphological and biochemical changes of lymphatic vessels in the soleus muscle of mice after hindlimb unloading. *Muscle Nerve*, 64:620-628, 2021.
- 6) Dorianna Sandonà 1, Jean-Francois Desaphy, Giulia M Camerino, Elisa Bianchini, Stefano Ciciliot, Daniela Danieli-Betto, Gabriella Dobrowolny, Sandra Furlan, Elena Germinario, Katsumasa Goto, Martina Gutschmann, Fuminori Kawano, Naoya Nakai, Takashi Ohira, Yoshitaka Ohno, Anne Picard, Michele Salanova, Gudrun Schiffl, Dieter Blottnner, Antonio Musarò, Yoshinobu Ohira, Romeo Betto, Diana Conte, Stefano Schiaffino.: Adaptation of mouse skeletal muscle to long-term microgravity in the MDS mission. *PLoS One*. 7:e33232, 2012.

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計7件（うち査読付論文 7件/うち国際共著 0件/うちオープンアクセス 1件）

1. 著者名 Yoshioka Kiyoshi, Sasai Nobuaki, Kurogi Yuko, Hayakawa Kimihide, Itoh Yuta, Agata Nobuhide, Murakami Taro, Inoue-Miyazu Masumi, Sokabe Masahiro, Kawakami Keisuke	4. 巻 533
2. 論文標題 Cessation of electrically-induced muscle contraction activates autophagy in cultured myotubes	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Biochemical and Biophysical Research Communications	6. 最初と最後の頁 410～416
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1016/j.bbrc.2020.09.009	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 Kawashima Takafumi, Ji Rui Cheng, Itoh Yuta, Agata Nobuhide, Sasai Nobuaki, Murakami Taro, Sokabe Masahiro, Hamada Fumihiko, Kawakami Keisuke	4. 巻 64
2. 論文標題 Morphological and biochemical changes of lymphatic vessels in the soleus muscle of mice after hindlimb unloading	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Muscle & Nerve	6. 最初と最後の頁 620～628
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1002/mus.27402	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 Ji Rui-Cheng	4. 巻 211
2. 論文標題 Recent advances and new insights into muscular lymphangiogenesis in health and disease	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Life Sciences	6. 最初と最後の頁 261～269
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1016/j.lfs.2018.09.043	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 Ji Rui-Cheng, Eshita Yuki, Kobayashi Takashi, Hidano Shinya, Kamiyama Naganori, Onishi Yasuhiko	4. 巻 35
2. 論文標題 Role of simvastatin in tumor lymphangiogenesis and lymph node metastasis	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Clinical & Experimental Metastasis	6. 最初と最後の頁 785～796
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1007/s10585-018-9940-8	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 Liang Qianqian, Zhang Li, Wood Ronald W., Ji Rui-Cheng, Boyce Brendan F., Schwarz Edward.M., Wang Yongjun, Xing Lianping	4. 巻 189
2. 論文標題 Avian Reticuloendotheliosis Viral Oncogene Related B Regulates Lymphatic Endothelial Cells during Vessel Maturation and Is Required for Lymphatic Vessel Function in Adult Mice	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 The American Journal of Pathology	6. 最初と最後の頁 2516 ~ 2530
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.ajpath.2019.08.009	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 Ji Rui-Cheng	4. 巻 -
2. 論文標題 The role of lymphangiogenesis in cardiovascular diseases and heart transplantation	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Heart Failure Reviews	6. 最初と最後の頁 -
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/s10741-021-10188-5	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 Onishi Yasuhiko, Eshita Yuki, Ji Rui-Cheng, Kobayashi Takashi, Onishi Masayasu, Mizuno Masaaki, Yoshida Jun, Kubota Naoji	4. 巻 23
2. 論文標題 Supermolecular drug challenge to overcome drug resistance in cancer cells	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Drug Discovery Today	6. 最初と最後の頁 1556 ~ 1563
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.drudis.2018.05.037	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28件 (うち招待講演 8件 / うち国際学会 0件)

1. 発表者名 川島 隆史, 紀 瑞成, 縣 信秀, 伊東 佑太, 笹井 宣昌, 清島 大資, 濱田 文彦, 河上 敬介
2. 発表標題 廃用性筋萎縮時の骨格筋内リンパ管数の変化とリンパ管新生因子の関係
3. 学会等名 第25回日本基礎理学療法学会学術大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 河上敬介
2. 発表標題 筋膜の概念と臨床への提言
3. 学会等名 第25回日本基礎理学療法学会学術大会（招待講演）
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 川島 隆史、紀 瑞成、縣 信秀、伊東 佑太、笹井 宣昌、清島 大資、濱田 文彦、河上 敬介
2. 発表標題 廃用性筋萎縮時の骨格筋内リンパ管数の変化とリンパ管新生因子の関係
3. 学会等名 第25回日本基礎理学療法学会学術大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 河上敬介
2. 発表標題 筋膜の概念と臨床への提言
3. 学会等名 第25回日本基礎理学療法学会学術大会（招待講演）
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 川島隆史，田村悠磨，紀瑞成，縣信秀，伊東佑太，濱田文彦，河上敬介
2. 発表標題 廃用性筋萎縮時に生じるマウスヒラメ筋内リンパ管の分布応答
3. 学会等名 日本解剖学会第77回九州支部学術集会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 田村悠磨, 縣信秀, 野村篤, 河上敬介, 伊東佑太
2. 発表標題 1日2回に分けた筋力トレーニングの廃用性筋萎縮からの回復促進効果
3. 学会等名 コ・メディカル形態機能学会第18回学術集会・総会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 田村悠磨, 縣信秀, 野村篤, 河上敬介, 伊東佑太
2. 発表標題 廃用性筋萎縮に対する1日2回の筋力トレーニング効果
3. 学会等名 第24回日本基礎理学療法学会学術大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 縣信秀, 清島大資, 伊東佑太, 木村菜穂子, 宮津真寿美, 河上敬介
2. 発表標題 異なる超音波刺激条件による筋衛星細胞の増殖促進効果
3. 学会等名 第27回日本物理療法学会学術大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 清島大資, 縣信秀, 伊東佑太, 木村菜穂子, 小林剛, 宮津真寿美, 河上敬介
2. 発表標題 超音波刺激が筋管の肥大へ与える影響 ~ 様々な超音波刺激条件に着目して ~
3. 学会等名 第27回日本物理療法学会学術大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 清島大資, 縣信秀, 伊東佑太, 木村菜穂子, 小林剛, 宮津真寿美, 河上敬介
2. 発表標題 培養筋管に対する超音波刺激の肥大効果 - 刺激強度や照射時間率が筋肥大効果へ与える影響 -
3. 学会等名 第24回日本基礎理学療法学会学術大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 河上敬介
2. 発表標題 筋膜の構造を知る-正しい理学療法やその評価のために-
3. 学会等名 令和元年大分県理学療法士連盟学術研修会(招待講演)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 清島大資, 縣信秀, 小林剛, 宮津真寿美, 河上敬介
2. 発表標題 培養筋管に対する超音波刺激の肥大効果 - 刺激前の分化培地培養期間の違いによる筋肥大効果の違い
3. 学会等名 第23回日本基礎理学療法学会学術大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 縣信秀, 清島大資, 小林剛, 宮津真寿美, 河上敬介
2. 発表標題 超音波刺激による筋衛星細胞の増殖促進効果 超音波刺激条件による効果の違い
3. 学会等名 第23回日本基礎理学療法学会学術大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 川島隆史, 紀瑞成, 縣信秀, 伊東佑太, 笹井宣昌, 濱田文彦, 河上敬介
2. 発表標題 廃用性筋萎縮に伴い骨格筋内リンパ管数は減少する
3. 学会等名 第23回日本基礎理学療法学会学術大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 伊東佑太, 田村悠磨, 野村篤, 河上敬介
2. 発表標題 廃用性筋萎縮からの回復を促進させる筋力トレーニングの頻度 -1日1回のトレーニングを2回に分けて実施すると効果は変わるか?
3. 学会等名 第23回日本基礎理学療法学会学術大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 川島隆史, 紀瑞成, 縣信秀, 伊東佑太, 笹井宣昌, 濱田文彦, 河上敬介
2. 発表標題 廃用性筋萎縮時のマウスヒラメ筋内リンパ管の分布変化について
3. 学会等名 第43回日本リンパ学会総会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 河上敬介
2. 発表標題 筋・筋膜やその周辺の構造を知る - 運動器疾患の評価や治療のために -
3. 学会等名 一般社団法人日本超音波骨軟組織学会第45回超音波ハンズオンセミナー初級編 (招待講演)
4. 発表年 2018年

〔図書〕 計1件

1. 著者名 河上敬介	4. 発行年 2020年
2. 出版社 医学書院	5. 総ページ数 552(93-95, 155-159, 161-228, 315-318, 407-485)他13ページ
3. 書名 標準理学療法学・作業療法学 専門基礎分野 解剖学 第5版	

〔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	曾我部 正博 (Sokabe Masahiro) (10093428)	名古屋大学・医学系研究科・研究員 (13901)	
研究分担者	紀 瑞成 (Ji Rui-Cheng) (60305034)	大分大学・福祉健康科学部・准教授 (17501)	

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