

令和 4 年 6 月 14 日現在

機関番号：33908

研究種目：基盤研究(B)（一般）

研究期間：2018～2021

課題番号：18H03158

研究課題名（和文）電気生理学的手法を応用した加齢や運動にともなう骨格筋の質的・機能的変化の評価

研究課題名（英文）Assessment of muscle quality and function by electrophysiological techniques

研究代表者

渡邊 航平（Watanabe, Kohei）

中京大学・スポーツ科学部・教授

研究者番号：20630990

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 11,700,000円

研究成果の概要（和文）：本研究課題では骨格筋電気刺激や高密度表面筋電図法といった電気生理学的研究手法を応用することによって、「筋肉の質」と「神経活動」といった従来は十分に評価されてこなかった筋力の規定因子を定量的に評価する方法を確立し（Tomita, Watanabe et al. *Physiol Rep* 2020）、高齢者や若齢者を対象としてその応用を実施した（Watanabe et al. *Physiol Rep* 2020, Watanabe et al. *J Gerontol*, Watanabe et al. *Front Nutr* 2021）。

研究成果の学術的意義や社会的意義

加齢にともなう筋力低下に関連する要因として、「筋肉の量」、「筋肉の質」、「神経活動」の3つが挙げられる。医用画像技術を用いて、「筋肉の量」の定量評価が一般化されつつあり、多くの研究のアウトカムとして用いられてきた。一方、高齢者における筋力低下は「筋肉の量」の低下だけでは説明できないことも指摘されている。本研究課題では、「筋肉の質」および「神経活動」を定量的に評価する方法を確立した。これにより、高齢者1人1人において筋力低下に寄与する要因の特定をすることや各種運動処方や食事介入が作用する要因を明確にすることが可能になると考えている。

研究成果の概要（英文）：This research project developed novel methodologies that we established by using neuromuscular electrical stimulation and high density surface electromyography techniques to assess quality of muscle and neural activation (Tomita, Watanabe et al. *Physiol Rep* 2020). We applied them to young and older adults to quantify three major determinants of muscle strength, i.e., muscle volume, quality of muscle, and neural activation (Watanabe et al. *Physiol Rep* 2020, Watanabe et al. *J Gerontol*, Watanabe et al. *Front Nutr* 2021). Our novel methodologies could help to understand what factor is major for age-related strength loss and/or what factors is improved by a countermeasure to age-related motor dysfunctions.

研究分野：運動生理学・バイオメカニクス

キーワード：運動単位 骨格筋 運動神経

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

加齢や運動トレーニングにともなって筋力をはじめとする筋の機能が変化する。このような変化は、主に「筋量」の変化(筋肥大や筋萎縮)によって説明されてきたが、筋力の変化率は「筋量」の変化率よりも大きい(Fragala et al. 2015 Sports Med)。「筋量」以外の他の要因も筋力の変化に強く貢献していることが指摘されている。このような背景から、近年では筋の量とともに、筋の“質”を評価する試みが進められている。筋の質を評価する指標として、最大随意筋力を筋量で除した筋量あたりの相対的筋力や医用画像技術による筋の組織学的特性(非収縮要素/収縮要素、筋内脂肪/筋組織の比率など)が評価されている。特に、超音波画像法のエコー輝度を用いた評価は、研究や臨床における利用が進んでいる。しかしながら、医用画像技術で取得される情報には、筋の張力発揮に強く関与する「筋の収縮特性」を直接的に反映するものは含まれておらず、筋の質を機能の面から評価する指標は見当たらない。

## 2. 研究の目的

本研究の目的は、『電気生理学的手法を応用することによって筋の“質”としての「筋の収縮特性」および「神経活動」を評価し、これらの相互関係を明らかにすること』と『加齢・運動トレーニングが「神経活動」、「筋量」、「筋の収縮特性」といった筋機能の変化に関与する“各”要因に及ぼす影響の時系列的変化および相互関係を明らかにすること』とした。

## 3. 研究の方法

「筋の収縮特性」を評価する研究手法を確立するために、成人男性を対象として骨格筋電気刺激によって誘発される筋力を、大腿四頭筋を対象として計測した。骨格筋電気刺激は刺激周波数を変化させることにより、収縮特性を変化させ、誘発された筋力およびその変動性を評価した。

介入試験において「神経活動」が適応する様相を評価するため、高齢者および若齢者に8週間の筋力トレーニングの介入を実施し、2週間ごとに高密度表面筋電図法を用いた「神経活動」の評価を実施した。

## 4. 研究成果

骨格筋電気刺激によって誘発される筋力は、周波数が高まると強縮状態となり、その力の変動性が収まる様相を示した(Tomita, Watanabe et al. Physiol Rep 2020)。一方で、強縮状態に至る周波数には大きな個人差があり、筋収縮特性の個人差を反映していると推測された。

筋力トレーニングの介入試験中に、高密度表面筋電図法を用いて算出した運動単位の発火頻度はその介入内容に応じて変化していた(Watanabe et al. Physiol Rep 2020, Watanabe et al.

J Gerontol, Watanabe et al. Front Nutr 2021)。このことは、本研究で用いた研究手法が、これまででは定量評価できなかった要因である「神経活動」を評価しうることを示唆している。

一方で、これらの指標に関する生理学的背景の探索は不十分であり、今後は臨床指標との比較研究や動物実験による基礎研究が必要になると考えている。

## 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 7件）

1. 著者名 Watanabe Kohei, Holobar Ales, Uchida Kenji, Mita Yukiko	4. 巻 8
2. 論文標題 Fish Protein Ingestion Induces Neural, but Not Muscular Adaptations, Following Resistance Training in Young Adults	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Frontiers in Nutrition	6. 最初と最後の頁 645747
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3389/fnut.2021.645747	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 Tomita A, Kawade S, Moritani T, Watanabe K	4. 巻 8
2. 論文標題 Novel perspective on contractile properties and intensity dependent verification of force?frequency relationship during neuromuscular electrical stimulation	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Physiological Reports	6. 最初と最後の頁 e14598
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.14814/phy2.14598	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 Yoshiko A, Watanabe K	4. 巻 11
2. 論文標題 Impact of home-based squat training with two-depths on lower limb muscle parameters and physical functional tests in older adults	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Scientific Reports	6. 最初と最後の頁 6855
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1038/s41598-021-86030-7	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 Watanabe K, Holobar A, Mita Y, Tomita A, Yoshiko A, Kouzaki M, Uchida K, Moritani T.	4. 巻 75
2. 論文標題 Modulation of neural and muscular adaptation processes during resistance training by fish protein ingestions in older adults.	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Journal of Gerontology Series A: Biological Sciences	6. 最初と最後の頁 867-874
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1093/gerona/giz215	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 Watanabe K, Yoshida T, Ishikawa T, Kawade S, Moritani T.	4. 巻 10
2. 論文標題 Effect of the combination of whole-body neuromuscular electrical stimulation and voluntary exercise on metabolic responses in human.	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.2019.00291	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 Watanabe Kohei	4. 巻 63
2. 論文標題 Effect of taping and its conditions on electromyographic responses of knee extensor muscles	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Human Movement Science	6. 最初と最後の頁 148~155
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.humov.2018.12.003	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 Watanabe Kohei, Holobar Ales, Mita Yukiko, Kouzaki Motoki, Ogawa Madoka, Akima Hiroshi, Moritani Toshio	4. 巻 9
2. 論文標題 Effect of Resistance Training and Fish Protein Intake on Motor Unit Firing Pattern and Motor Function of Elderly	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Frontiers in Physiology	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) 10.3389/fphys.2018.01733	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 Watanabe Kohei	4. 巻 9
2. 論文標題 Relationship Between Toe Clearance Strategy and Regional Regulation of Rectus Femoris Muscle During Swing Phase in Prolonged Walking in Young and Older Adults	5. 発行年 2018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.2018.01274	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 Watanabe Kohei, Nunome Hiroyuki, Inoue Koichiro, Iga Takahiro, Akima Hiroshi	4. 巻 -
2. 論文標題 Electromyographic analysis of hip adductor muscles in soccer instep and side-foot kicking	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Sports Biomechanics	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) 10.1080/14763141.2018.1499800	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 Watanabe Kohei, Kouzaki Motoki, Moritani Toshio	4. 巻 41
2. 論文標題 Relationship between regional neuromuscular regulation within human rectus femoris muscle and lower extremity kinematics during gait in elderly men	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Journal of Electromyography and Kinesiology	6. 最初と最後の頁 103~108
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.jelekin.2018.05.011	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 Watanabe Kohei, Kouzaki Motoki, Ogawa Madoka, Akima Hiroshi, Moritani Toshio	4. 巻 15
2. 論文標題 Relationships between muscle strength and multi-channel surface EMG parameters in eighty-eight elderly	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 European Review of Aging and Physical Activity	6. 最初と最後の頁 1-10
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1186/s11556-018-0192-z	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4件（うち招待講演 0件/うち国際学会 1件）

1. 発表者名 渡邊航平、Ales Holobar、三田有紀子、富田彩、吉子彰人、神崎素樹、内田健志、森谷敏夫
2. 発表標題 高齢者における神経系と筋形態に対するトレーニング適応を食品摂取によってコントロールする試み
3. 学会等名 第74回日本体力医学会大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 富田彩, 川出周平, 森谷敏夫, 渡邊航平
2. 発表標題 低強度間欠の骨格筋電気刺激による筋疲労が周波数-張力関係や至適周波数に及ぼす影響
3. 学会等名 第74回日本体力医学会大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Tomita A, Watanabe K.
2. 発表標題 Force-frequency curve by NMES is associated with muscle thickness and maximal voluntary contraction for quadriceps femoris.
3. 学会等名 European Colledge of Sports Science. (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 富田彩、渡邊航平
2. 発表標題 電気刺激強度が周波数-張力関係に及ぼす影響
3. 学会等名 日本体力医学会
4. 発表年 2018年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

<p>中京大学スポーツ科学部渡邊航平研究室ホームページ  <a href="http://kwatanabe.net/index.html">http://kwatanabe.net/index.html</a>          中京大学渡邊航平研究室のホームページ  <a href="http://kwatanabe.net/index.html">http://kwatanabe.net/index.html</a>          中京大学国際教養学部渡邊航平研究室のホームページ  <a href="http://kwatanabe.net/index.html">http://kwatanabe.net/index.html</a></p>
--

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

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