

令和 3 年 6 月 10 日現在

機関番号：34315

研究種目：基盤研究(B) (一般)

研究期間：2017～2020

課題番号：17H02183

研究課題名(和文) ビタミンDと運動併用による筋肥大メカニズムの解明と新たなサルコペニア予防法の開発

研究課題名(英文) Regulatory mechanism of muscle hypertrophy by vitamin D intake and exercise for the prevention of sarcopenia

研究代表者

藤田 聡 (Fujita, Satoshi)

立命館大学・スポーツ健康科学部・教授

研究者番号：80451863

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 12,800,000円

研究成果の概要(和文)：本研究では、ビタミンD代謝が骨格筋量の調節に関わる分子機能を解明することで、効率的なサルコペニア予防に向けた方策の基礎データを構築することを目的とした。高齢者を対象とした横断調査において、血中のビタミンD濃度と四肢非脂肪量との間に有意な関係性が認められた。介入実験として、単回のレジスタンス運動の実施に伴いビタミンD受容体の発現が動物およびヒト骨格筋において共に増加し、筋量を増加させる刺激に対してビタミンD代謝が変化することが明らかになった。しかし、除神経に伴うビタミンD受容体の発現が増加下にも関わらず、血中ビタミンD濃度を事前に増加させた状態は除神経に伴う筋萎縮を抑制しなかった。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究で明らかとなった高齢者における血中ビタミンD濃度と四肢筋量との関係性は、高齢期におけるビタミンD濃度の維持がサルコペニア予防に重要であることを示唆する。また、単回のレジスタンス運動に伴い骨格筋内のビタミンD受容体の発現の増加することから、ビタミンDが筋量の調節に関わっている可能性も示唆される。しかし、血中のビタミンDが既に充足している状態においては、必ずしもビタミンDの付加が筋タンパク質の合成を増加しなかった。サルコペニア予防は介護予防の観点からも重要であることから、高齢者の血中ビタミンD濃度の評価はサルコペニア予防の観点からも重要であることが示唆される。

研究成果の概要(英文)：The purpose of this study was to elucidate the molecular function of vitamin D metabolism in the regulation of skeletal muscle mass, and to establish basic data for strategies for efficient sarcopenia prevention. In a cross-sectional study of elderly subjects, a significant relationship was found between blood vitamin D concentration and limb non-fat mass. As an intervention experiment, the expression of VDR increased in both animal and human skeletal muscle following a single session of resistance exercise, indicating that vitamin D metabolism is altered in response to stimuli that increase muscle mass. However, despite the increase in VDR expression associated with denervation, pre-elevated blood vitamin D levels did not prevent denervation-induced muscle atrophy.

研究分野：運動生理学

キーワード：ビタミンD たんぱく質代謝 サルコペニア 骨格筋 高齢者

様式 C-19、F-19-1、Z-19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

骨格筋量は筋タンパク質合成と分解のバランス（ネットバランス）によって制御されている。レジスタンス運動を行うことで、筋タンパク質合成と分解の両方が亢進される。しかし、合成の亢進が分解の亢進を上回るため、ネットバランスは正に傾き、継続的にレジスタンス運動を行う（レジスタンストレーニング）ことで筋肥大が生じると考えられている。一方、筋タンパク質分解は不活動状態が継続することにより亢進される。以上のことから、骨格筋量の維持・増加には筋タンパク質合成を促進し、筋タンパク質分解を抑制することが重要となる。近年の研究により、脂溶性ビタミンの一種であるビタミンD（コレカルシフェロール）が、サルコペニアに関連することが示されている。ビタミンDの血中濃度の維持には、食品に含まれるビタミンDが経口摂取される経路と、体内で日光からの紫外線を介して皮膚で合成される経路が共に重要である。しかし高齢者は、紫外線でのビタミンD生成量が若年者と比較して1/4まで低下するためビタミンD不足に陥りやすい。ビタミンD不足は骨粗鬆症や糖尿病の発症リスクを増加させるに留まらない。血中ビタミンD濃度が低値の高齢者は、日常生活での活動量レベルに関わりなく、高値の群と比較して3年後にサルコペニアとなるリスクが2.6倍高いことや、握力、歩行速度、バランス能力が有意に低く、転倒経験者の割合も高いことが報告されている (Visser et al., J Clin Endocrinol Metab, 2003; Mowe et al., J Am Geriatr Soc, 1999)。従って、ビタミンDはサルコペニア対策における潜在的な介入ターゲットであると言える。

2. 研究の目的

近年、ビタミンDが骨格筋量の維持・増加に関与することが示唆されている。これまでビタミンD摂取とレジスタンス運動の併用による筋タンパク質合成シグナル活性の変化を検討した研究はない。研究課題A-1では、短期間のビタミンD摂取と単回レジスタンス運動の組み合わせが筋タンパク質代謝を制御するシグナル伝達経路に及ぼす影響を明らかにした。また、これまでビタミンD摂取による骨格筋内の筋萎縮関連シグナルへの応答は調査されておらず、筋萎縮によるビタミンD代謝に関わるビタミンD受容体 (VDR) やビタミンD代謝酵素 (CYP27B1) への影響も不明である。よって、研究課題A-2では、短期間のビタミンD摂取が廃用性筋萎縮および筋タンパク質分解関連シグナルへ及ぼす影響を明らかにした。近年、全身性および骨格筋特異的にビタミンD受容体 (VDR) を欠損したマウスでは、骨格筋量の減少や筋機能の低下が惹起されることが報告されており、骨格筋におけるVDRの重要性が明らかとなっている。また、CYP27B1は生体内のビタミンDを活性型ビタミンDに代謝する酵素であり、ビタミンDが生理作用を発揮する上で不可欠であることが分かっている。骨格筋量の変化に伴い、骨格筋におけるVDRおよびCYP27B1の発現量も変化することが考えられるが、その検証を行った研究は少ない。以上のことから、研究課題A-3では骨格筋の萎縮に伴うビタミンD代謝関連因子の応答を評価することとした。また、動物モデルでの事象をヒトで観察することを目的として、研究課題B-1では若年者を対象として、一過性のレジスタンス運動の実施に伴うビタミンDの代謝関連因子の関与の可能性について検証することを目的とした。さらに、高齢期の栄養状態と骨格筋量の関連を検討することを目的として、研究課題B-2では、日本人の健康な高齢者集団を対象に、体組成、栄養素等摂取量、身体活動量、血液指標などの交絡因子を考慮して、食事によるたんぱく質摂取量および血中25(OH)D濃度と骨格筋量・筋力との関連を調査することを目的として調査を実施した。

3. 研究の方法

研究課題A-1では8週齢のSDラットを用い、通常食摂取群と高ビタミンD食摂取群の2群に分けた。ラットは8週齢に搬入し、1週間の通常食摂取による環境馴化を経て、通常食摂取群には通常食（約1000 IU配合した飼料、MF）を自由摂食させ、高ビタミンD食摂取群には4000 IU配合の飼料 (AIN-93G 改変) を10日間自由摂食させた。ラットに対して12時間の夜間絶食の後、運動を负荷した。解剖は急性運動の前、1時間後ならびに3時間後の時点で速やかに行い、後肢腓腹筋を摘出した。

研究課題A-2では7週齢のC57BL/6Jマウスを用い、通常食摂取群と高ビタミンD食摂取群の2群に分けた。マウスは7週齢に搬入し、1週間の環境馴化を経て、通常食摂取群には通常食（約1000 IU配合した飼料、MF）を自由摂食させ、高ビタミンD食摂取群には4000 IU配合の飼料 (AIN-93G 改変) を10日間自由摂食させた。その後、マウスの右後肢を6mm程度外科的に切開し、坐骨神経切除後に縫合した (DEN脚)。左後肢も同様に切開を行うが、坐骨神経は切除せずに縫合した (SHAM脚)。環境馴化期間は両群ともに通常食を自由摂食させ、除神経後は各群継続してそれぞれの飼料を摂餌させた。解剖は除神経後3日後ならびに7日後の時点で速やかに行い、後肢腓腹筋を摘出した。

研究課題A-3では、9週齢の雄性C57BL/6Jマウスを用いて、右後肢の坐骨神経の切除手術を行い、反対脚に偽手術を行った。坐骨神経切除手術の3日後もしくは7日後に骨格筋を摘出し、

ウエストンブロッティング法にてビタミン D 代謝関連タンパク質の発現量の変化を検証した。また、腓腹筋の一部は凍結切片としてサンプリングを行い、HE 染色を用いて筋線維径の変化についても観察を行った。

研究課題 B-1 では、健康な 20-40 歳の男性 24 人を対象として、骨格筋のタンパク質合成の主要制御因子である mTORC1 シグナル経路の活性を増強することが明らかとなっている、レジスタンス運動と必須アミノ酸の摂取の併用を実施した。レジスタンス運動は、ウエイトスタック式のトレーニング機器を用いて knee extension と knee flexion を実施した。運動強度は最大挙上重量の 70% とし、各運動を 10 回挙上×3 セット（セット間には 3 分の休息）実施した。レジスタンス運動前および運動 90 分後に筋生検を行い、外側広筋を摘出した。摘出した筋サンプルはウエストンブロッティング法にて解析を行い、ビタミン D 代謝関連タンパク質（VDR および CYP27B1）の発現量の変化を検証した。

研究課題 B-2 では、健康で重篤な疾患を有しない 60 - 80 歳の男女 99 名（年齢：68.1±5.1 歳）を対象とした。X 線骨密度測定装置（Lunar iDXA、GE ヘルスケアジャパン社製）を用いて、二重エネルギー X 線吸収測定法（Dual-energy X-ray Absorption、DXA 法）により、非脂肪量（両腕、両脚、四肢、全身）及び全身脂肪量、体脂肪率を測定した。また、日常的な栄養摂取の評価として、簡易型自記式食事歴法質問票（brief-type self-administered diet history questionnaire：BDHQ）を用いた。活動量の調査については、国際標準化身体活動質問票（International Physical Activity Questionnaire：IPAQ）を用い、平均的な 1 週間の身体活動量の調査を行った。筋機能の評価として、股関節の伸展動作における等速性の最大筋力を測定した。また、握力計を用いて上肢の筋力を測定した。さらに、安静時の採血をつうじて、血中 25(OH)D 濃度を酵素結合免疫吸着検定法（Enzyme-linked immunessay：ELISA 法）を用いて測定した。本研究では、アメリカ医学研究所の血中 25(OH)D 濃度の指針によって、<血中 30 nmol/L を欠乏、30 - 50 nmol/L を不足、>50 nmol/L を充足とした。

4. 研究成果

研究課題 A-1 において 10 日間の 4000 IU のビタミン D 食摂取により血中の 25(OH)2D₃ 濃度と筋内 VDR、CYP27B1 発現は増加した。また、筋内の VDR の発現において、時間およびビタミン D の主効果（ $p < 0.01$ ）がみられ、運動および高ビタミン D 食摂取による増加が認められた（図 1）。しかしながら、短期間の高ビタミン D 食摂取はレジスタンス運動による Akt Thr308 や p70S6K Thr389、rpS6 Ser240/244 のリン酸化を促進しなかった。以上のことから、10 日間のビタミン D 摂取により安静時の筋内ビタミン D 代謝は促進する可能性が示唆された。しかしながら、10 日間のビタミン D 摂取によりレジスタンス運動誘発性の筋内のビタミン D 代謝および筋タンパク質合成は運動刺激以上には促進しないことが示唆された。

研究課題 A-2 において除神経を行うことで、湿重量および筋横断面積の減少はみられた（ $p < 0.01$ 、図 2）が、10 日間の 4000 IU のビタミン D 食摂取による群間差はみられなかった。また、短期間の高ビタミン D 摂取は除神経による Atrogin-1 の発現を抑制せず、Akt Ser473 や rpS6 Ser240/244 の発現量を増加させなかった。よって、10 日間のビタミン D 摂取では除神経に伴う筋タンパク質分解の増加を抑制しないことが示唆された。また、10 日間のビタミン D 摂取では除神経による筋萎縮を抑制できなかった。

研究課題 A-3 において、坐骨神経切除により筋萎縮が引き起こされたが、腓腹筋における VDR のタンパク質発現量は増加し、腓腹筋とヒラメ筋における CYP27B1 のタンパク質発現量は減少することが明らかとなった（図 3）。また、CYP27B1 のタンパク質発現量の適応はミトコンドリア量の減少と関連している可能性が示唆された。坐骨神経切除により誘発された筋萎縮は、骨格筋におけるビタミン D 関連タンパク質の変化と関連していた。以上のことから、骨格筋のタンパク質の分解を惹起させる介入に伴い VDR のタンパク質発現量の変化がみられたことから、ビタミン D 代謝関連タンパク質は、骨格筋量の調節において何らかの役割を担っている可能性が示唆された。

研究課題 B-1 では、VDR のタンパク質発現量について、レジスタンス運動による主効果には傾向のみが検出され、LEAA 摂取による有意な負の主効果が検出された。また、CYP27B1 のタンパク質発現量の変化に関して、レジスタンス運動による有意な主効果が検出されたが、LEAA 摂取による主効果は検出されなかった。以上の結果から、骨格筋のタンパク質代謝に対する VDR および CYP27B1 の発現応答の変化は、細胞やげっ歯類だけでなく、ヒトの骨格筋においても同様の適応が認められることが明らかとなった。

研究課題 B-2 の結果として、被験者 99 名の血中 25(OH)D 濃度の平均値は 88.3 ± 33.3 nmol/l で、血中 25(OH)D 濃度が不足している被験者は全体の 11%（9 名）であった。四肢非脂肪量の平均値は 17.1 ± 3.6 kg で、握力の平均値は 29.2 ± 7.2 kg だった。血中 25(OH)D 濃度は、全身非脂肪量（ $\beta = 0.077$, $p = 0.066$ ）、脚伸展力（ $\beta = -0.015$, $p = 0.848$ ）、握力（ $\beta = 0.074$, $p = 0.120$ ）とは有意な関連が認められなかったものの、四肢非脂肪量（ $\beta = 0.097$, $p = 0.025$ ）と統計的に有意な関連が認められた。本研究においては、血中 25(OH)D 濃度は平均的には高値（平均 88.3 ± 33.3 nmol/l）を示した。本研究においては、ほとんどの被験者が必要な血中 25(OH)D 濃度を満たしていた（平均 88.3 ± 33.3 nmol/l、<50 nmol/l（不足）の被験者=9 名）ため、先行研究とは異なり、筋力に対する濃度依存的な関係が認められなかった可能性が考えられる。

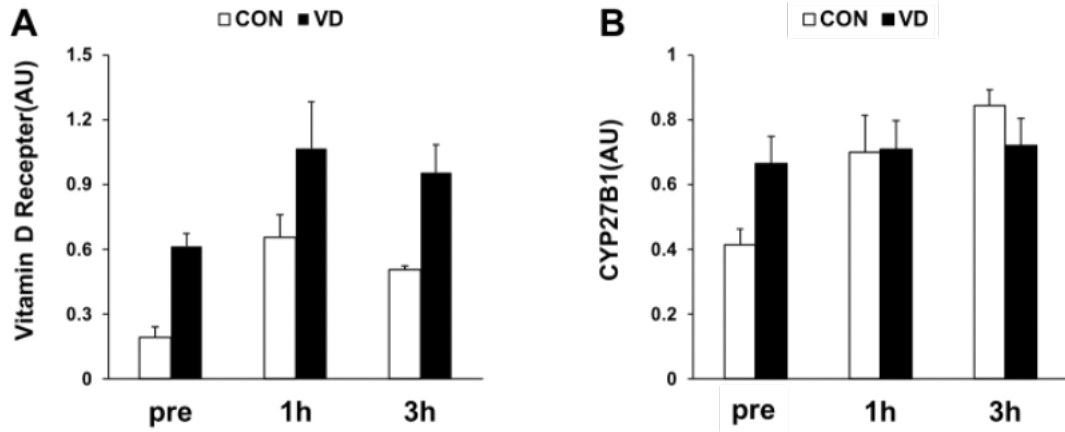


図1. 運動前 (pre)および運動1時間後 (1h), 3時間後 (3h)におけるビタミンD代謝関連タンパク質 (A: VDR発現量; B: CYP27B1発現量) 通常食群 (CON), 高ビタミンD食群 (VD), 平均値±標準誤差

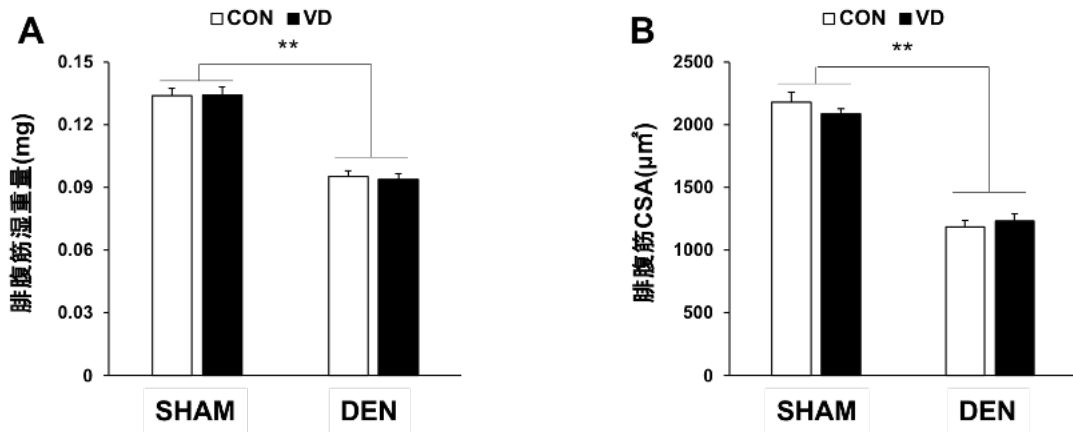


図2. 除神経7日後における腓腹筋湿重量 (A) およびCSA (B) 通常食群 (CON), 高ビタミンD食群 (VD), 偽施術脚 (SHAM), 除神経脚 (DEN), 平均値±標準誤差, **: p<0.01脚間

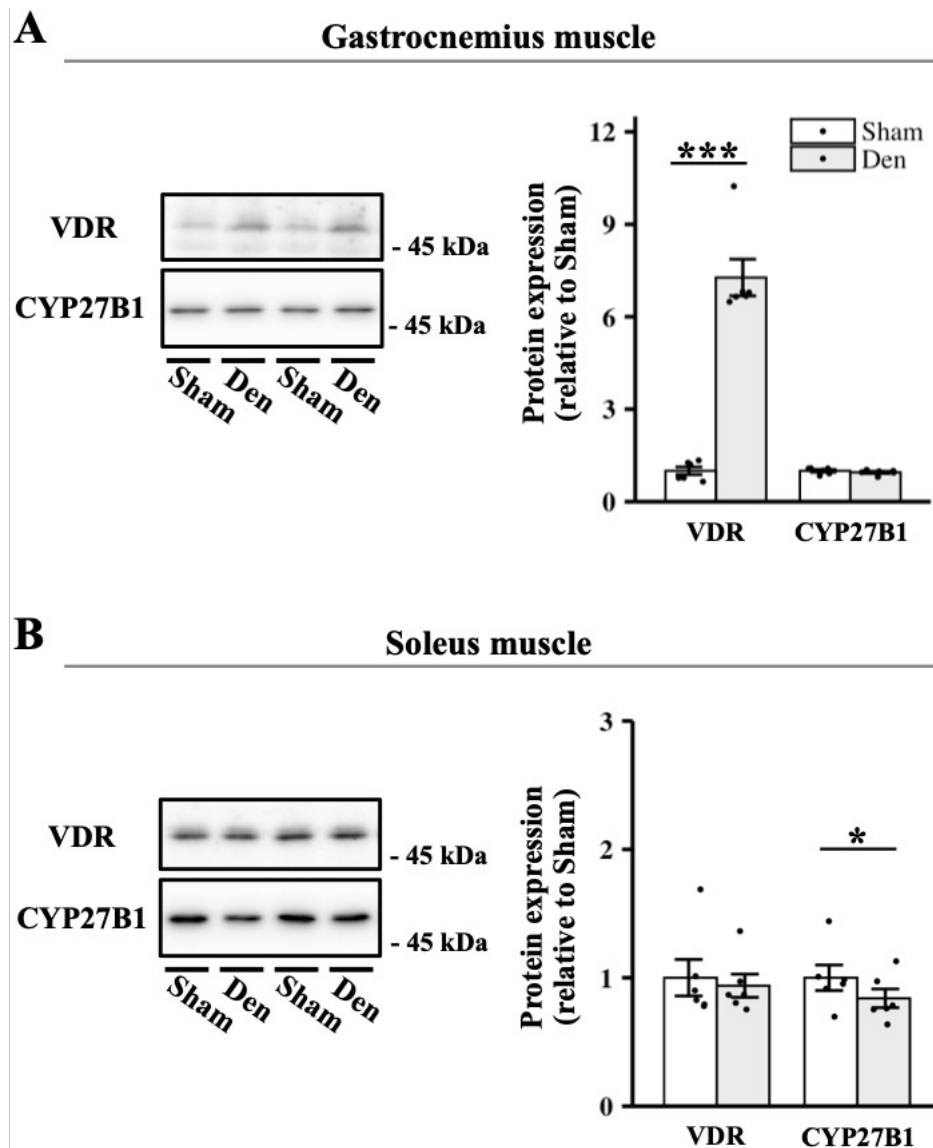


図3. 除神経に伴う腓腹筋 (A)とヒラメ筋 (B)におけるVDRとCYP27B1の発現変化 (左図はウェスタンブロットの代表バンド図)
Sham: 偽手術群、Den: 除神経群、* $p < 0.05$, *** $p < 0.001$

	Model1			Model2		
	β	95%CI	p-value	β	95%CI	p-value
Gender	-0.853	-6.968 - -5.438	0.000	-0.853	-6.968 - -5.438	0.000
Age (years)				0.175	-0.016 - 0.262	0.083
Weight (kg)	0.733	0.239 - 0.349	0.000	0.733	0.239 - 0.349	0.000
Energy (kcal/d)	0.453	0.002 - 0.004	0.000	0.453	0.002 - 0.004	0.000
Energy adjusted protein	-0.237	-0.132 - -0.013	0.018	-0.237	-0.132 - -0.013	0.018
Albumin (g/dl)				-0.007	-3.173 - 2.957	0.945
Physical activity (Total Mets / week)				0.061	-0.024 - 0.044	0.551
25 (OH) D (nmol/l)	0.091	0.001 - 0.019	0.033	0.097	0.001 - 0.020	0.025

図4. 重回帰分析による血中25(OH)D濃度と四肢非脂肪量との関係
Model1 (摂取エネルギー、たんぱく質摂取量、体重、性別で補正)、Model2 (Model1にアルブミン、身体活動量、年齢を追加補正)

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計23件（うち査読付論文 20件 / うち国際共著 1件 / うちオープンアクセス 3件）

1. 著者名 Tottori Nobuaki, Morita Noriteru, Ueta Kenji, Fujita Satoshi	4. 巻 16
2. 論文標題 Effects of High Intensity Interval Training on Executive Function in Children Aged 8-12 Years	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 International Journal of Environmental Research and Public Health	6. 最初と最後の頁 4127 ~ 4127
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3390/ijerph16214127	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 Tottori Nobuaki, Fujita Satoshi	4. 巻 7
2. 論文標題 Effects of Plyometric Training on Sprint Running Performance in Boys Aged 9-12 Years	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Sports	6. 最初と最後の頁 219 ~ 219
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3390/sports7100219	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 Takegaki Junya, Sase Kohei, Fujita Satoshi	4. 巻 520
2. 論文標題 Repeated bouts of resistance exercise attenuate mitogen-activated protein-kinase signal responses in rat skeletal muscle	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Biochemical and Biophysical Research Communications	6. 最初と最後の頁 73 ~ 78
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.bbrc.2019.09.050	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 Ato Satoru, Kido Kohei, Sato Koji, Fujita Satoshi	4. 巻 104
2. 論文標題 Type 2 diabetes causes skeletal muscle atrophy but does not impair resistance training mediated myonuclear accretion and muscle mass gain in rats	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Experimental Physiology	6. 最初と最後の頁 1518 ~ 1531
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1113/EP087585	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 Yasuda Jun, Tomita Toshiki, Arimitsu Takuma, Fujita Satoshi	4. 巻 0
2. 論文標題 Evenly Distributed Protein Intake over 3 Meals Augments Resistance Exercise-Induced Muscle Hypertrophy in Healthy Young Men	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 The Journal of Nutrition	6. 最初と最後の頁 1~7
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1093/jn/nxaa101	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 Sase Kohei, Kido Kohei, Ato Satoru, Fujita Satoshi	4. 巻 0
2. 論文標題 Effect of resistance training on rat skeletal muscle during severe food restriction	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Translational Sports Medicine	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) 10.1002/tsm2.162	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 Yokokawa Takumi, Mori Risako, Suga Tadashi, Isaka Tadao, Hayashi Tatsuya, Fujita Satoshi	4. 巻 527
2. 論文標題 Muscle denervation reduces mitochondrial biogenesis and mitochondrial translation factor expression in mice	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Biochemical and Biophysical Research Communications	6. 最初と最後の頁 146~152
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.bbrc.2020.04.062	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 Yasuda Jun, Asako Mai, Arimitsu Takuma, Fujita Satoshi	4. 巻 11
2. 論文標題 Association of Protein Intake in Three Meals with Muscle Mass in Healthy Young Subjects: A Cross-Sectional Study	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Nutrients	6. 最初と最後の頁 612~612
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3390/nu11030612	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 Yasuda Jun, Asako Mai, Arimitsu Takuma, Fujita Satoshi	4. 巻 60
2. 論文標題 Skipping breakfast is associated with lower fat-free mass in healthy young subjects: a cross-sectional study	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Nutrition Research	6. 最初と最後の頁 26 ~ 32
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.nutres.2018.09.006	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 Yokokawa Takumi, Kido Kohei, Suga Tadashi, Isaka Tadao, Hayashi Tatsuya, Fujita Satoshi	4. 巻 6
2. 論文標題 Exercise-induced mitochondrial biogenesis coincides with the expression of mitochondrial translation factors in murine skeletal muscle.	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Physiol Rep.	6. 最初と最後の頁 e13893
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.14814/phy2.13893.	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 Yokokawa Takumi, Kido Kohei, Suga Tadashi, Sase Kohei, Isaka Tadao, Hayashi Tatsuya, Fujita Satoshi	4. 巻 506
2. 論文標題 Exercise training increases C1SD family protein expression in murine skeletal muscle and white adipose tissue	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Biochemical and Biophysical Research Communications	6. 最初と最後の頁 571 ~ 577
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.bbrc.2018.10.101	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 Morton Robert W., Sato Koji, Gallagher Michael P. B., Oikawa Sara Y., McNicholas Paul D., Fujita Satoshi, Phillips Stuart M.	4. 巻 9
2. 論文標題 Muscle Androgen Receptor Content but Not Systemic Hormones Is Associated With Resistance Training-Induced Skeletal Muscle Hypertrophy in Healthy, Young Men	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Frontiers in Physiology	6. 最初と最後の頁 1373
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3389/fphys.2018.01373	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 Yoshii Naomi, Sato Koji, Ogasawara Riki, Nishimura Yusuke, Shinohara Yasushi, Fujita Satoshi	4. 巻 10
2. 論文標題 Effect of Mixed Meal and Leucine Intake on Plasma Amino Acid Concentrations in Young Men	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Nutrients	6. 最初と最後の頁 1543 ~ 1543
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3390/nu10101543	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 Ato Satoru, Makanae Yuhei, Kido Kohei, Sase Kohei, Yoshii Naomi, Fujita Satoshi	4. 巻 5
2. 論文標題 The effect of different acute muscle contraction regimens on the expression of muscle proteolytic signaling proteins and genes	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Physiological Reports	6. 最初と最後の頁 e13364 ~ e13364
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.14814/phy2.13364	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 Kido Kohei, Yokokawa Takumi, Ato Satoru, Sato Koji, Fujita Satoshi	4. 巻 313
2. 論文標題 Effect of resistance exercise under conditions of reduced blood insulin on AMPK Ser485/491 inhibitory phosphorylation and AMPK pathway activation	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 American Journal of Physiology-Regulatory, Integrative and Comparative Physiology	6. 最初と最後の頁 R110 ~ R119
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1152/ajpregu.00063.2017	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 Aoi Ikedo, Takuma Arimitsu, Toshiyuki Kurihara, Kumiko Ebi, Satoshi Fujita	4. 巻 10
2. 論文標題 The Effect of Ongoing Vitamin D and Low-Fat Milk Intake on Bone Metabolism in Female High-School Endurance Runners.	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 J Clin Med Res	6. 最初と最後の頁 13 ~ 21
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.14740/jocmr3209w.Epub2017Dec1	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 Koji, Nishijima Takeshi, Yokokawa Takumi, Fujita Satoshi	4. 巻 12
2. 論文標題 Acute bout of exercise induced prolonged muscle glucose transporter-4 translocation and delayed counter-regulatory hormone response in type 1 diabetes	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 PLOS ONE	6. 最初と最後の頁 e0178505
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1371/journal.pone.0178505	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 Takegaki Junya, Ogasawara Riki, Kouzaki Karina, Fujita Satoshi, Nakazato Koichi, Ishii Naokata	4. 巻 70
2. 論文標題 The distribution of eukaryotic initiation factor 4E after bouts of resistance exercise is altered by shortening of recovery periods	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 The Journal of Physiological Sciences	6. 最初と最後の頁 54
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1186/s12576-020-00781-y	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 Miyatake Sho, Hino Kazuo, Natsui Yuko, Ebisu Goro, Fujita Satoshi	4. 巻 12
2. 論文標題 Protein Supplementation Enhances the Effects of Intermittent Loading on Skeletal Muscles by Activating the mTORC1 Signaling Pathway in a Rat Model of Disuse Atrophy	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Nutrients	6. 最初と最後の頁 2729 ~ 2729
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3390/nu12092729	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 Takegaki Junya, Sase Kohei, Yasuda Jun, Shindo Daichi, Kato Hiroyuki, Toyoda Sakiko, Yamada Toshiyuki, Shinohara Yasushi, Fujita Satoshi	4. 巻 12
2. 論文標題 The Effect of Leucine-Enriched Essential Amino Acid Supplementation on Anabolic and Catabolic Signaling in Human Skeletal Muscle after Acute Resistance Exercise: A Randomized, Double-Blind, Placebo-Controlled, Parallel-Group Comparison Trial	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Nutrients	6. 最初と最後の頁 2421 ~ 2421
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3390/nu12082421	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 Tottori Nobuaki, Suga Tadashi, Hori Miyuki, Isaka Tadao, Fujita Satoshi	4. 巻 8
2. 論文標題 Impact of moment arm on torque production of the knee extensors in children	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Physiological Reports	6. 最初と最後の頁 e14521
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.14814/phy2.14521	査読の有無 無
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 Mori Risako, Yokokawa Takumi, Fujita Satoshi	4. 巻 529
2. 論文標題 Modified expression of vitamin D receptor and CYP27B1 in denervation-induced muscle atrophy	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Biochemical and Biophysical Research Communications	6. 最初と最後の頁 733 ~ 739
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.bbrc.2020.05.205	査読の有無 無
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 Ato Satoru, Kido Kohei, Sase Kohei, Fujita Satoshi	4. 巻 11
2. 論文標題 Response of Resistance Exercise-Induced Muscle Protein Synthesis and Skeletal Muscle Hypertrophy Are Not Enhanced After Disuse Muscle Atrophy in Rat	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Frontiers in Physiology	6. 最初と最後の頁 469
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3389/fphys.2020.00469	査読の有無 無
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25件 (うち招待講演 0件 / うち国際学会 22件)

1. 発表者名 Yokokawa T, Hayashi T, Fujita S
2. 発表標題 Time course effects of voluntary running exercise on protein products of immediate early genes in murine hippocampus.
3. 学会等名 24th Annual Congress of the European College of Sport Science (国際学会)
4. 発表年 2019年

1 . 発表者名 Tottori N, Morita N, Ueta K, Fujita S
2 . 発表標題 Effects of a short-term high intensity interval training on physical fitness and executive functions in elementary school children.
3 . 学会等名 24th Annual Congress of the European College of Sport Science (国際学会)
4 . 発表年 2019年

1 . 発表者名 Takegaki J, Sase K, Fujita S
2 . 発表標題 Molecular mechanisms involved in reduced mTORC1 signal responses after repeated bouts of resistance exercise.
3 . 学会等名 24th Annual Congress of the European College of Sport Science (国際学会)
4 . 発表年 2019年

1 . 発表者名 Mori, R., Yokokawa, T., Katamoto, Y., Ishihara, K., Fujita, S
2 . 発表標題 The influence of a combination of Aurantiochytrium intake and resistance exercise on AMPK and mTORC1 signaling in murine.
3 . 学会等名 24th Annual Congress of the European College of Sport Science (国際学会)
4 . 発表年 2019年

1 . 発表者名 Tottori N, Morita N, Ueta K, Fujita S
2 . 発表標題 Effects of a short-term high intensity interval training on physical fitness and executive functions in elementary school children.
3 . 学会等名 24th Annual Congress of the European College of Sport Science (国際学会)
4 . 発表年 2019年

1 . 発表者名 Takegaki J, Sase K, Fujita S
2 . 発表標題 Molecular mechanisms involved in reduced mTORC1 signal responses after repeated bouts of resistance exercise.
3 . 学会等名 24th Annual Congress of the European College of Sport Science (国際学会)
4 . 発表年 2019年

1 . 発表者名 Mori R, Yokokawa T, Katamoto Y, Ishihara K, Fujita S
2 . 発表標題 The influence of a combination of Aurantiochytrium intake and resistance exercise on AMPK and mTORC1 signaling in murine skeletal muscle.
3 . 学会等名 24th Annual Congress of the European College of Sport Science (国際学会)
4 . 発表年 2019年

1 . 発表者名 Yasuda J, Asako M, Arimitsu T, Fujita S
2 . 発表標題 Association of protein intake at three main meals with muscle mass in healthy young subjects.
3 . 学会等名 American College of Sports Medicine ' s 66th Annual Meeting (国際学会)
4 . 発表年 2019年

1 . 発表者名 Tottori N, Wakamiya M, Shinohara Y, Fujita S
2 . 発表標題 ASSOCIATION OF CHANGES IN SPATIOTEMPORAL VARIABLES AT EACH STEP WITH 100-M SPRINT PERFORMANCE IN PREADOLESCENT SPRINTERS.
3 . 学会等名 24th Annual Congress of the European College of Sport Science (国際学会)
4 . 発表年 2019年

1. 発表者名 Takegaki J, Ogasawara R, Fujita S, Nakazato K, Ishii N
2. 発表標題 The effects of prolonged recovery after bouts of resistance exercise with excessively short interval.
3. 学会等名 24th Annual Congress of the European College of Sport Science (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Tottori N, Wakamiya M, Shinohara Y, Fujita S
2. 発表標題 ASSOCIATION OF CHANGES IN SPATIOTEMPORAL VARIABLES AT EACH STEP WITH 100-M SPRINT PERFORMANCE IN PREADOLESCENT SPRINTERS.
3. 学会等名 International Conference on Biomechanics in Sports (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Katamoto Y, Sase K, Yokokawa T, Fujita S
2. 発表標題 Effect of vitamin D supplementation on resistance exercise-induced intramuscular vitamin D and muscle protein metabolism.
3. 学会等名 ACSM conference of Integrative Physiology of Exercise (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Sase K, Ato S, Miyake T, Fujita S
2. 発表標題 The Effect Of Resistance Exercise On Akt-mtorc1 Signaling Pathway After A Prolonged Fasting.
3. 学会等名 ACSM conference of Integrative Physiology of Exercise (国際学会)
4. 発表年 2018年

1 . 発表者名 Sase K, Ato S, Kido K, Miyake T, Fujita S
2 . 発表標題 The Effect Of Resistance Training On Morphology Of Rat Skeletal Muscle During Food Restriction.
3 . 学会等名 ACSM ' s 65th Annual Meeting (国際学会)
4 . 発表年 2018年

1 . 発表者名 Yasuda J, Asako M, Arimitsu T, Fujita S
2 . 発表標題 Association of Breakfast Frequency with Lean Body Mass in Healthy Young Subjects: A Cross-Sectional Study.
3 . 学会等名 ACSM ' s 65th Annual Meeting (国際学会)
4 . 発表年 2018年

1 . 発表者名 K. Kido, S. Ato, Y. Nishimura, T. Yokokawa, K. Sato, S. Fujita
2 . 発表標題 hronic resistance training-induced increase in insulin-stimulated Akt Activation and GLUT4 translocation is associated with APPL1 expression in skeletal muscle of type 2 diabetic rat
3 . 学会等名 77th American Diabetes Association Scientific Sessions (国際学会)
4 . 発表年 2017年

1 . 発表者名 A. Ikedo, M. Imai, S. Fujita
2 . 発表標題 Influence of 25(OH)D, parathyroid hormone and cytokines on bone resorption during acute vigorous running.
3 . 学会等名 American College of Sports Medicine' s 64th Annual Meeting (国際学会)
4 . 発表年 2017年

1 . 発表者名 K. Kido, T. Yokokawa, S. Ato, K. Sato, S. Fujita
2 . 発表標題 Reduced blood insulin stimulates resistance exercise-induced AMPK pathway activation concomitant with AMPK Ser485/491 inhibitory phosphorylation in rat skeletal muscle.
3 . 学会等名 Cell Symposia Exercise Metabolism (国際学会)
4 . 発表年 2017年

1 . 発表者名 S. Ato, K. Kido, T. Miyake, T. Yokokawa, S. Fujita
2 . 発表標題 The effect of acute resistance exercise on muscle protein synthesis in atrophied rat skeletal muscle after unloading.
3 . 学会等名 Experimental Biology (国際学会)
4 . 発表年 2017年

1 . 発表者名 Junya Takegaki, Kohei Sase, Satoshi Fujita
2 . 発表標題 The changes in the responses of autophagy-related factors with repeated bouts of resistance exercise.
3 . 学会等名 Integrative Physiology of Exercise 2020 Conference (国際学会)
4 . 発表年 2020年

1 . 発表者名 Risako Mori, Junya Takegaki, Kohei Sase, Jun Yasuda, Yasushi Shinohara, Satoshi Fujita
2 . 発表標題 Effect of acute bout of resistance exercise in combination with leucine-enriched essential amino acids intake on the protein expression of vitamin D receptor in human skeletal muscle.
3 . 学会等名 Integrative Physiology of Exercise 2020 Conference (国際学会)
4 . 発表年 2020年

1. 発表者名 Junya Takegaki, Kohei Sase, Yusuke Kono, Takuya Fujita
2. 発表標題 The effects of mesenchymal stem cells injection and acute resistance exercise on basal muscle protein metabolism in mouse skeletal muscle.
3. 学会等名 25th Annual Conference on European College of Sport Science (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 竹垣淳也, 佐瀬晃平, 中野大輝, 河野裕允, 藤田卓也, 小西聡, 藤田聡
2. 発表標題 マウス骨格筋に対する間葉系幹細胞の筋肉内注射による筋タンパク質合成シグナルの変化
3. 学会等名 第75回日本体力医学会大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 鳥取 伸彬, 上田 憲嗣, 渡邊 雅也, 森田 憲輝, 藤田 聡
2. 発表標題 有酸素性能力向上を狙いとした5分間運動の実施 小学校体育授業での高強度インターバル運動の導入について
3. 学会等名 日本発育発達学会第18回大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 鳥取 伸彬, 天笠 志保, 井上 茂, 大友 智, 上田 憲嗣, 藤田 聡
2. 発表標題 新型コロナウイルス感染症流行下における小学生の体型と体力の年次変化
3. 学会等名 日本発育発達学会第19回大会
4. 発表年 2021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
研究分担者	有光 琢磨 (Arimitsu Takuma) (00616021)	八戸学院大学・健康医療学部・講師 (31105)	
研究分担者	篠原 靖司 (Shinohara Yasushi) (10546708)	立命館大学・スポーツ健康科学部・教授 (34315)	
研究分担者	小笠原 理紀 (Ogasawara Riki) (10634602)	名古屋工業大学・工学(系)研究科(研究院)・准教授 (13903)	
研究分担者	藤本 雅大 (Fujimoto Masahiro) (10732919)	国立研究開発法人産業技術総合研究所・情報・人間工学領域・主任研究員 (82626)	
研究分担者	佐藤 幸治 (Sato Koji) (20584022)	神戸大学・人間発達環境学研究科・准教授 (14501)	
研究分担者	福 典之 (Fuku Noriyuki) (40392526)	順天堂大学・スポーツ健康科学部・先任准教授 (32620)	

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