

科学研究費助成事業（科学研究費補助金）研究成果報告書

平成24年 5月28日現在

機関番号：33930

研究種目：基盤研究（B）

研究期間：2008～2011

課題番号：20300218

研究課題名（和文） 温熱刺激による骨格筋肥大の分子機構の解明とスポーツ科学への応用

研究課題名（英文） Molecular mechanisms for heat stress-associated skeletal muscle hypertrophy
-a possible application of heat stress to sports sciences-

研究代表者

後藤 勝正（山下 勝正）(GOTO KATSUMASA)

豊橋創造大学・保健医療学部・教授

研究者番号：70239961

研究成果の概要（和文）：積極的な健康増進、生活習慣病の予防と改善そして介護予防の観点から、身体運動により筋力を維持増強する重要性が指摘されている。本研究では、温熱刺激による骨格筋肥大の分子機構の全貌を解明し、効果的かつ効率的な骨格筋肥大法および加齢性筋肉減弱症の予防・改善策を提示することを目的とした。その結果、温熱刺激による骨格筋肥大において「ストレス応答」が鍵となること示唆され、適切な温熱刺激は骨格筋肥大を引き起こす有効なツールであることが明らかとなった。

研究成果の概要（英文）：The purpose of this study was to investigate the molecular mechanisms for heat stress-associated skeletal muscle hypertrophy, and to develop effective and safe physical exercise for a gaining of muscle volume as well as the countermeasure for aging-associated muscle atrophy (sarcopenia). Evidences suggested that stress response plays a key role in skeletal muscle hypertrophy. Heat stress may be a useful tool for not only a gaining of muscle volume but also rehabilitation after sports injuries.

交付決定額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合計
2008年度	4,000,000	1,200,000	5,200,000
2009年度	3,400,000	1,020,000	4,420,000
2010年度	3,300,000	990,000	4,290,000
2011年度	3,600,000	1,080,000	4,680,000
年度			
総計	14,300,000	4,290,000	18,590,000

研究分野：スポーツ科学・骨格筋生理学

科研費の分科・細目：健康・スポーツ科学 ・ スポーツ科学

キーワード：骨格筋、骨格筋可塑性、温熱刺激、ストレス応答、スポーツ科学

1. 研究開始当初の背景

(1) 積極的な健康増進、生活習慣病の予防と改善、そして介護予防の観点から、身体運動により筋機能（筋力）を維持増強することは重要である。筋力低下による身体活動量の低下は、骨萎縮やインスリン感受性低下などを引き起こすなど、様々な生活習慣病にもつ

ながる。筋力の維持増強は国民医療費の抑制の上で重要な課題である。さらに、骨格筋肥大は毛細血管床の増大をもたらすことから、循環器リハビリテーションの観点からも重要性が指摘されている。

(2) 一方、一般に筋力トレーニングは努責

を伴うため、事故などのリスクを伴う。そのため、安全かつ効率的な筋力トレーニング法の開発は早急に解決が望まれる課題である。

(3) 最近、温熱刺激により骨格筋が肥大すること、運動やストレッチなどの骨格筋に肥大をもたらす機械的刺激に温熱刺激を組み合わせることで骨格筋の肥大量は増大することが示唆されている。身体を部分的に温めることで筋力強化が可能ならば、誰でも容易かつ安全に筋力を増強することができるようになる。

(4) しかし、温熱刺激による骨格筋肥大の分子機構は明らかでない。

2. 研究の目的

(1) 本研究では、温熱刺激により惹起される「ストレス応答」に着目し、温熱刺激により骨格筋細胞内で発現が誘導されるタンパク質をプロテオーム解析により明らかにすることを目的とした。

(2) さらに、ストレス応答を修飾したマウスを用いて、温熱刺激による骨格筋肥大の分子機構の全貌解明を目指すことを目的とした。

3. 研究の方法

(1) 野生型マウスを用いて、温熱刺激による骨格筋肥大の分子機構を明らかにするために、下記の視点から追求を試みた。

①温熱刺激により骨格筋細胞に生じるタンパク質発現について、プロテオームにより網羅的な解析を試みた。

②さらに、特にサイトカインシグナル(nuclear factor kappa B: NF- κ B) および関連分子、そして糖脂質代謝の鍵分子として adiponectin とその関連分子の発現をウェスタンブロッティング法にて検討した。

③温熱刺激は、41°C 60分間という暑熱環境にマウスを曝露することで負荷した。この方法で、マウス直腸温が負荷開始後 60分で、41°C に到達することは確認済みである。温熱負荷 1週間後、ヒラメ筋を摘出し、筋湿重量を即してした後、タンパク質を抽出し、各分析に供した。

(2) マウス骨格筋におけるストレス応答において中心的な役割を担っている熱ショックファクター1 (HSF1) を過剰発現ならびに欠損したマウスを用いて、骨格筋の可塑性発現における HSF1 および HSF1 を介したストレス応答の役割について検討した。

①まず、骨格筋への荷重の増減に伴う筋萎縮と再成長モデルを用いて検討した。マウスを2週間後肢懸垂することでヒラメ筋を萎縮さ

せ、その後の再荷重負荷によりヒラメ筋に再成長を引き起こした。また、ヒラメ筋の共同筋である腓腹筋腱ならびに足底筋腱を切除し、ヒラメ筋を代償性に過負荷状態にすることで筋肥大を引き起こした。さらに、温熱負荷の影響 (41°C、60分間) をあわせて検討した。

②筋萎縮一再荷重実験では、懸垂前、懸垂終了直後、懸垂終了2および4週間後、にヒラメ筋を両下肢より摘出した。一方のヒラメ筋はタンパク質を抽出し、ウェスタンブロッティング法により、各種タンパク質の発現の評価に用いた。もう一方のヒラメ筋は、液体窒素で冷却したイソペンタンを用いて急速凍結し、凍結切片を作成し免疫組織化学染色法により、ミオシン重鎖発現を検討した。

③代償性筋肥大および温熱負荷モデルでは、負荷後2週あるいは4週間後にヒラメ筋を摘出して、ウェスタンブロッティング法によるタンパク質発現の分析に供した。

(3) 10週間の温熱刺激がヒト骨格筋に肥大および筋力増強を引き起こすか、健康成人男子の大腿四頭筋を対象に検討した。さらに、マイクロアレイを用いて、長期間の温熱刺激による遺伝子発現についても検討した。

4. 研究成果

(1) 温熱刺激による骨格筋の肥大には NF- κ B および関連するサイトカインシグナルが発生すること、骨格筋組織幹細胞である筋衛星細胞の proliferative potential を増大させること、そしてタンパク質発現の網羅的解析により温熱刺激により 26 のタンパク質発現に差が認められ、特にショックタンパク質 (HSPs) の発現に特徴的な変化が生じることが明らかとなった。また、温熱刺激による筋肥大に伴い、糖脂質代謝に係る adiponectin の骨格筋組織内発現量が変化することが明らかとなった。これまで、こうした報告はなく本研究報告が初めてのものである。

(2) ヒラメ筋の量的変化を誘発するストレス応答の役割を追求し、HSF1 の過剰発現により筋肥大効果が増強することを確認した。その際に、HSPs の中でも低分子量 HSP の発現が増加した筋タンパク量を反映していた。また、HSF1 欠損したヒラメ筋では HSPs 発現量は低かったが、荷重除去による筋萎縮の程度に HSF1 欠損の影響は認められなかった。また、HSF1 欠損マウスでも荷重除去による筋萎縮後に reloading することで再成長したが、部分的に抑制された。さらに、温熱負荷による骨格筋肥大は HSF1 欠損により抑制された。HSF1 あるいは HSF1 を介したストレス応答が骨格筋の量的変化に関与するというエビデンスはこれまでなく、本研究結果が初

めてのものである。

(3) 温熱刺激は、calpain 2 およびユビキチンによる筋タンパク質分解の亢進を抑制できること、NF- κ B シグナルを介して筋タンパク量を増加させることが明らかとなった。

(4) ヒトを対象とした長期間の温熱負荷実験により、925 種の遺伝子の発現増加と 1300 種の遺伝子発現の減少を伴う筋肥大ならびに筋力増強効果を確認した。ヒトを対象とした温熱刺激の影響はいくつかあるものの、長期間の温熱刺激に影響と遺伝子発現の変化に関する報告は本研究が初めてである。

(5) HSF1 欠損によりヒラメ筋におけるミオシン重鎖の組成に変化が生じ、type I が減少し、type IIx が増加していた。また、筋萎縮に伴い野生型では筋線維の速筋化が生じるが、HSF1 欠損により速筋化が完全に抑制された。したがって、ミオシン重鎖の発現調節に HSF1 あるいは HSF1 を介したストレス応答が重要な働きを演じている可能性が示唆された。

以上より、温熱刺激による骨格筋肥大において「HSF1」あるいは「HSF1 を介したストレス応答」が鍵となり、骨格筋タンパク増量をもたらすシグナルの形成に関与すること示唆された。したがって、適切な温熱刺激(ストレス刺激)は骨格筋肥大を引き起こす有効なツールであることが明らかとなった。

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計 17 件)

- ① Sandonà, D., Desaphy, J.-F., Camerino, G.M., Bianchini, E., Ciciliot, S., Danieli-Betto, D., Dobrowolny, G., Furlan, S., Germinario, E., Goto, K., Gutschmann, M., Kawano, F., Nakai, N., Ohira, T., Ohno, Y., Picard, A., Salanova, M., Schiffl, G., Blottner, D., Musarò, A., Ohira, Y., Betto, R., Conte, D., and Schiaffino, S.: Adaptation of Mouse Skeletal Muscle to Long-Term Microgravity in the MDS Mission. PLoS ONE, 7: e33232, 2012. 査読有
DOI: 10.1371/journal.pone.0033232
- ② 後藤勝正, 大平充宣: 筋機能からみた萎縮と肥大のメカニズム. 日本赤十字リハビリテーション協会誌, 26: 7-17, 2011. 査読無
- ③ 後藤勝正: 筋衛星細胞から見た廃用性筋萎縮とそのリハビリテーション. 体育の科学 61: 900-906, 2011. 査読無
- ④ Yasuhara, K., Ohno, Y., Kojima, A., Uehara, K., Beppu, M., Sugiura, T., Fujimoto, M., Nakai, A., Ohira, Y., Yoshioka, T., and Goto, K.: Absence of heat shock transcription factor 1 retards the regrowth of atrophied soleus muscle in mice. J. Appl. Physiol., 111: 1142-1149, 2011. 査読有
DOI: 10.1152/jappphysiol.00471.2011
- ⑤ Ohno, Y., Yamada, S., Sugiura, T., Ohira, Y., Yoshioka, T., and Goto, K.: Possible role of NF- κ B signals in heat-stress-associated increase in protein content of cultured C2C12 cells. Cells Tissues Organs, 194: 363-370, 2011. 査読有
DOI: 10.1159/000323324
- ⑥ 後藤勝正: 温熱刺激による骨格筋の肥大と筋萎縮予防効果. 日本物理療法学会会誌 18: 1-7, 2011. 査読無
- ⑦ Fujiya, H., Goto, K., Kohno, T., and Aoki, H.: Changes of SM muscles after STG harvest in rats. Int J. Sports Med., 32: 446-450, 2011. 査読有
DOI: 10.1055/s-0031-1271780
- ⑧ Goto, K., Oda, H., Kondo, H., Igaki, M., Suzuki, A., Tsuchiya, S., Murase, T., Hase, T., Fujiya, H., Matsumoto, I., Naito, H., Sugiura, T., Ohira, Y., and Yoshioka, T.: Responses of muscle mass, strength and gene transcripts to long-term heat stress in healthy human subjects. Eur. J. Appl. Physiol., 111: 17-27, 2011. 査読有
DOI: 10.1007/s00421-010-1617-1
- ⑨ Ohira, Y., Kawano, F., Wang, X.D., Nakai, N., Ohira, T., Okabe, H., Naito, H., and Goto, K.: Role(s) of mechanical load and satellite cells in the regulation of the size of soleus muscle fibers in rats. Biol. Sci. Space, 24: 135-144, 2010. 査読有
<https://www.jstage.jst.go.jp/browse/bss/-char/ja/>
- ⑩ Ohno, Y., Yamada, S., Sugiura, T., Ohira, Y., Yoshioka, T., and Goto, K.: A possible role of NF- κ B and HSP72 in skeletal muscle hypertrophy induced by heat stress in rats. Gen. Physiol. Biophys., 29: 234-242, 2010. 査読有
DOI: 10.4149/gpb_2010_03_234
- ⑪ 吉原利典, 杉浦崇夫, 芝口翼, 山元勇樹, 後藤勝正, 磯山智美, 内藤久士, 大森大二郎, 吉岡利忠: 熱ストレス負荷とアスタキサンチン投与の組み合わせが廃用性筋萎縮に与える影響. 体力科学 59: 303-312, 2010. 査読有
- ⑫ 芝口翼, 杉浦崇夫, 古川達也, 吉原利典, 山元勇樹, 後藤勝正, 内藤久士, 大森大二郎, 吉岡利忠: 間欠的な再負荷と温熱負荷の組み合わせによる骨格筋萎縮の抑制. 山口県体育学研究 53: 1-8, 2010. 査読有
- ⑬ Kawano, F., Goto, K., Wang, X.D., Terada, M., Ohira, T., Nakai, N., Yoshioka, T., and Ohira,

Y.: Role(s) of gravitational loading during developing period on the growth of rat soleus muscle fibers. *J. Appl. Physiol.*, 108: 676-685, 2010. 査読有

DOI: 10.1152/jappphysiol.00478.2009

- ⑭ 杉浦崇夫, 芝口翼, 吉原利典, 山元勇樹, 後藤勝正, 内藤久士, 吉岡利忠: 萎縮ラットヒラメ筋のデスミン発現に及ぼす熱ストレス効果. *体力科学* 59: 167-174, 2010. 査読有
- ⑮ 後藤勝正, 大野善隆, 杉浦崇夫, 大平充宣, 吉岡利忠: 筋損傷の回復を遅延・促進させる要因の再検討. *青森県スポーツ医学研究会誌* 18: 37-42, 2009. 査読有
- ⑯ Matsuba, Y., Goto, K., Morioka, S., Naito, T., Akema, T., Hashimoto, N., Sugiura, T., Ohira, Y., Beppu, M., and Yoshioka, T.: Gravitational unloading inhibits the regenerative potential of atrophied soleus muscle in mice. *Acta Physiol.*, 196: 329-339, 2009. 査読有
- DOI: 10.1111/j.1748-1716.2008.01943.x
- ⑰ Naito, T., Goto, K., Morioka, S., Matsuba, Y., Akema, T., Sugiura, T., Ohira, Y., Beppu, M., and Yoshioka, T.: Administration of granulocyte colony-stimulating factor facilitates the regenerative process of injured mice skeletal muscle via the activation of Akt/GSK3 α β signals. *Eur. J. Appl. Physiol.*, 105: 643-651, 2009. 査読有
- DOI: 10.1007/s00421-008-0946-9

[学会発表] (計48件)

- ① Tang, L.L., et al.: Effects of heat shock transcription factor 1-deficiency on fiber type composition in mice soleus muscles. 第89回日本生理学会大会, 2012年3月29日~31日, 長野県松本文化会館, 長野県松本市.
- ② 後藤勝正, 他: 3か月の宇宙滞在マウス骨格筋における microRNA の発現. 第57回日本宇宙航空環境医学会大会, 2011年11月24日~26日, 宇宙航空研究開発機構 (JAXA) 筑波宇宙センター, 茨城県つくば市.
- ③ 後藤由美, 他: 骨格筋の量的変化に伴うアディポネクチン受容体発現量の応答. 第57回日本宇宙航空環境医学会大会, 2011年11月24日~26日, 宇宙航空研究開発機構 (JAXA) 筑波宇宙センター, 茨城県つくば市.
- ④ 大野善隆, 他: 筋細胞膜修復タンパクの発現に及ぼす後肢懸垂とその後の再荷重の影響. 第57回日本宇宙航空環境医学会大会, 2011年11月24日~26日, 宇宙航空研究開発機構 (JAXA) 筑波宇宙センター, 茨城県つくば市.
- ⑤ 大平友宇, 他: 3ヶ月間の抗重力活動または不活動がマウス頸筋の特性に及ぼす影響. 第57回日本宇宙航空環境医学会大会, 2011

年11月24日~26日, 宇宙航空研究開発機構 (JAXA) 筑波宇宙センター, 茨城県つくば市.

- ⑥ 芝口翼, 他: 3ヶ月間の宇宙飛行がマウス副睾丸の精子数に及ぼす影響. 第57回日本宇宙航空環境医学会大会, 2011年11月24日~26日, 宇宙航空研究開発機構 (JAXA) 筑波宇宙センター, 茨城県つくば市.
- ⑦ 後藤勝正: 筋衛星細胞から見た廃用性筋萎縮とそのリハビリテーション. 第38回日本赤十字リハビリテーション協会学術集会, 2011年11月12日~13日, 名古屋第一赤十字病院, 愛知県名古屋市.
- ⑧ Goto, K., et al.: Effects of 3-month-exposure to microgravity on microRNA expressions in mouse skeletal muscles. 2011 ASGSB/ISGP Joint Conference, American Society for Gravitational and Space Biology (ASGSB) the 27th Annual Meeting/International Society for Gravitational Physiology (ISGP) the 32nd Annual Meeting, 2011年11月2日~6日, 米国カリフォルニア州サンノゼ市.
- ⑨ Desaphy, J.F., et al.: The MDS mission: Adaptation of skeletal muscle to long-term microgravity. 2011 ASGSB/ISGP Joint Conference, American Society for Gravitational and Space Biology (ASGSB) the 27th Annual Meeting/International Society for Gravitational Physiology (ISGP) the 32nd Annual Meeting, 2011年11月2日~6日, 米国カリフォルニア州サンノゼ市.
- ⑩ Ohira, Y., et al.: Adaptation of Mouse Brain, Testis & Epididymis, Upper Spinal Cord, and Hair Roots to Microgravity. 2011 ASGSB/ISGP Joint Conference, American Society for Gravitational and Space Biology (ASGSB) the 27th Annual Meeting/International Society for Gravitational Physiology (ISGP) the 32nd Annual Meeting, 2011年11月2日~6日, 米国カリフォルニア州サンノゼ市.
- ⑪ Shibaguchi, T., et al.: Long-term exposure to real and simulated microgravity depresses the number of epididymal sperm in mice. 2011 ASGSB/ISGP Joint Conference, American Society for Gravitational and Space Biology (ASGSB) the 27th Annual Meeting/International Society for Gravitational Physiology (ISGP) the 32nd Annual Meeting, 2011年11月2日~6日, 米国カリフォルニア州サンノゼ市.
- ⑫ Goto, A., et al.: Adiponectin expression of skeletal muscle in response to unloading and reloading in mice. 2011 ASGSB/ISGP Joint Conference, American Society for Gravitational and Space Biology (ASGSB) the 27th Annual Meeting/International Society for

Gravitational Physiology (ISGP) the 32nd Annual Meeting, 2011年11月2日～6日, 米国カルフォルニア州サンノゼ市.

- ⑬ Ohno, Y., et al.: Up-regulation of heat shock proteins in skeletal muscle of heat shock transcription factor 1-null mice. 2011 ASGSB/ISGP Joint Conference, American Society for Gravitational and Space Biology (ASGSB) the 27th Annual Meeting/International Society for Gravitational Physiology (ISGP) the 32nd Annual Meeting, 2011年11月2日～6日, 米国カルフォルニア州サンノゼ市.
- ⑭ Yoshioka, T., et al.: Effects of application of heat-stress for prevention of unloading-related atrophy and stimulation of recovery of skeletal muscle. Space Forum-2011, Dedicated to the 50-th Anniversary of the First Human Space Flight by Yury Gagarin, 2011年10月18日～21日, ロシア, スターシティー, モスクワ.
- ⑮ 安原和之, 他: 廃用性萎縮筋に対する再荷重ストレスの受容と再生促進に関する基礎的研究. 第26回日本整形外科学会基礎学術集会, 2011年10月20日～21日, ベイシア文化ホール, 前橋商工会議所, 群馬県前橋市.
- ⑯ 後藤勝正, 他: 骨格筋の萎縮と再荷重に伴うマイクロ RNA 発現量の変化. 第66回日本体力医学会大会, 2011年9月16日～18日, 下関市海峡メッセ下関・下関学習プラザ, 山口県下関市.
- ⑰ 大野善隆, 他: 骨格筋の形態的变化が筋細胞膜修復タンパクの発現に及ぼす影響. 第66回日本体力医学会大会, 2011年9月16日～18日, 下関市海峡メッセ下関・下関学習プラザ, 山口県下関市.
- ⑱ 杉浦崇夫, 他: 筋核アポトーシスからみた熱ストレス負荷, アスタキサンチン投与ならびにそれらの組み合わせによる筋萎縮抑制効果について. 第66回日本体力医学会大会, 2011年9月16日～18日, 下関市海峡メッセ下関・下関学習プラザ, 山口県下関市.
- ⑲ 後藤由美, 他: 骨格筋組織における adiponectin 発現とその生理学的意義に関する基礎的検討. 第66回日本体力医学会大会, 2011年9月16日～18日, 下関市海峡メッセ下関・下関学習プラザ, 山口県下関市.
- ⑳ 後藤勝正, 他: 骨格筋の萎縮と再荷重に伴うマイクロ RNA 発現量の変化. 第66回日本体力医学会大会, 2011年9月16日～18日, 下関市海峡メッセ下関・下関学習プラザ, 山口県下関市.
- ㉑ 後藤勝正: ストレスと骨格筋の適応. 第28回筋肉の会, 2011年9月15日, 下関市海峡メッセ下関, 山口県下関市.
- ㉒ Goto, K., et al.: Expression of micro-RNA in mouse skeletal muscle after unloading and reloading. 7th Congress of the Federations of Asian and Oceanian Physiological Societies (FAOPS), 2011年9月11日～14日, 台湾台北市.
- ㉓ Shibaguchi, T., et al.: Effects of 3-month exposure to real microgravity environment on epididymal sperm number in mice. 7th Congress of the Federations of Asian and Oceanian Physiological Societies (FAOPS), 2011年9月11日～14日, 台湾台北市.
- ㉔ Ohira, T., et al.: Effects of 3-month spaceflight on the characteristics of neck muscle in mice. 7th Congress of the Federations of Asian and Oceanian Physiological Societies (FAOPS), 2011年9月11日～14日, 台湾台北市.
- ㉕ 西浦友香, 他: 荷重除去により萎縮した骨格筋に対する再荷重と微弱電流によるタンパク合成系シグナル伝達の活性化と損傷骨格筋の回復促進に関する基礎的研究. 第46回日本理学療法学会大会, 2009年5月27日～29日, シーガイアコンベンションセンター, 宮崎県宮崎市.
- ㉖ 後藤由美, 他: 骨格筋肥大に伴う骨格筋組織内 adiponectin および adiponectin 受容体の発現. 第46回日本理学療法学会大会, 2009年5月27日～29日, シーガイアコンベンションセンター, 宮崎県宮崎市.
- ㉗ 大野善隆, 他: 骨格筋量の変化における細胞膜再構築タンパク TRIM72 発現量の変化について. 第46回日本理学療法学会大会, 2009年5月27日～29日, シーガイアコンベンションセンター, 宮崎県宮崎市.
- ㉘ Goto, K., et al.: Adiponectin expression in skeletal muscle cells in response to hypertrophic stimuli. EMBO Myogenesis Conference Series. The Molecular and Cellular Mechanisms, Regulating Skeletal Muscle, Development and Regeneration, 2011年5月10日～15日, ドイツウィースバーデン.
- ㉙ Goto, K., et al.: Up-regulation of heat shock proteins induced by heat and mechanical stress in mouse skeletal muscles. 第88回日本生理学会大会, 第116回日本解剖学会総会・全国学術集会合同大会, 2011年3月28日～30日, 誌上開催.
- ㊀ 大平充宣, 他: 3ヶ月の宇宙基地滞在がマウスの生理学的特性に及ぼす影響: 宇宙実験のコントロールとしての地上シミュレーション実験. 宇宙利用シンポジウム(第27回), 2011年1月24日～25日, 宇宙航空研究開発機構相模原キャンパス, 神奈川県相模原市.
- ㊁ 後藤勝正: 骨格筋可塑性発現機構とその制御の可能性. 第20回日本上田法治療研究会学術集会, 2010年11月21日, 岡崎オーワホテル, 愛知県岡崎市.
- ㊂ 後藤勝正: 骨格筋の萎縮とその後の再成長

- に伴う adiponectin の発現. 第 56 回日本宇宙航空環境医学会大会, 2010 年 11 月 11 日～13 日, 防衛医科大学校, 所沢市民文化センターミュージズ, 埼玉県所沢市.
- ③ Goto, K., et al.: Stress response modulates the plasticity of skeletal muscle in mice. 26th Annual Meeting of American Society for Gravitational and Space Biology, 2011 年 11 月 4 日～7 日, 米国ワシントン DC.
- ③④ 後藤勝正: 温熱刺激による骨格筋の肥大と筋萎縮予防効果. 第 18 回日本物理療学会学術大会, 2010 年 10 月 16 日～17 日, 日本工学院専門学校, 東京工科大学蒲田キャンパス, 東京都.
- ③⑤ 後藤勝正, 他: HSF1 欠損マウスにおける骨格筋の萎縮と再成長. GGA-HSP 勉強会 2010 (第 11 回), 2010 年 9 月 25 日, 東京ステーションカンファレンス, 東京都.
- ③⑥ 後藤勝正, 他: 骨格筋の量的変化に伴う骨格筋組織内 adiponectin 発現量の変化. 第 65 回日本体力医学会大会, 2019 年 9 月 16 日～18 日, 千葉商科大学, 和洋女子大学, 千葉県市川市.
- ③⑦ Goto, K., et al.: Some aspects of HSF1-related stress response in the plasticity of mammalian skeletal muscle. FASEB Summer Research Conferences 2010 “Skeletal Muscle Satellite & Stem Cells”, 2010 年 7 月 18 日～23 日, 米国アリゾナ州 Carefree Resort.
- ③⑧ Goto, K., et al.: Effects of loading and myostatin on the regeneration and regrowth of skeletal muscle in mice. 第 87 回日本生理学会大会 シンポジウム「Sophisticated organization of contractile apparatus in skeletal, cardiac and smooth muscles」, 2010 年 5 月 19 日～21 日, 盛岡市民文化ホールマリオス, 岩手県盛岡市.
- ③⑨ Goto, K., et al.: A physiological role of heat shock factor-related stress response in the regrowth of atrophied soleus muscle in mice. Experimental Biology 2010, 2010 年 4 月 24 日～28 日, 米国カリフォルニア州アナハイム市.
- ④⑩ 後藤勝正, 他: ストレス応答の修飾による骨格筋の可塑性発現に関する基礎的研究. 平成 21 年度筋生理の集い, 2009 年 12 月 19 日, 東京慈恵会医科大学, 東京都.
- ④⑪ 後藤勝正, 他: 温熱刺激による筋萎縮防止または萎縮からの回復に及ぼす影響とヒト骨格筋の特性に与える効果. 第 55 回日本宇宙航空環境医学会大会, シンポジウム「筋萎縮防止策としての温熱刺激」, 2009 年 11 月 12 日～14 日, 岐阜県民文化ホール未来館, 岐阜県岐阜市.
- ④⑫ Goto, K., et al.: Effects of active heat shock factor 1 on skeletal muscle hypertrophy in mice. 23rd Annual Meeting of American Society for Gravitational and Space Biology, 2009 年 11 月 5 日～8 日, 米国ノースカロライナ州ローリー.
- ④⑬ 後藤勝正, 他: 発育期の抗重力活動が抗重力筋の発育・発達に及ぼす影響. 第 64 回日本体力医学会大会シンポジウム「発育期の運動が神経・筋の発育・発達に及ぼす影響」, 2009 年 9 月 18 日～20 日, 朱鷺メッセ, 新潟県新潟市.
- ④⑭ 後藤勝正, 他: 筋損傷の回復を遅延・促進させる要因の再検討. 第 37 回青森県スポーツ医学研究会, 2009 年 8 月 29 日, 県民福祉プラザ, 青森県青森市.
- ④⑮ Goto, K., et al.: Effects of gravitational unloading on the regenerative potential of injured skeletal muscle in mice. 32009 International Symposium on Neuromuscular Regeneration, 2009 年 7 月 30 日, 京都大学, 京都府京都市.
- ④⑯ Goto, K., et al.: Possible role of heat shock factor 1 in loading-associated muscle hypertrophy of mice. 36th International Congress of Physiological Sciences (IUPS2009), 2009 年 7 月 27 日～8 月 1 日, 京都国際会議場, 京都府京都市.
- ④⑰ 後藤勝正, 他: 骨格筋の再生と再成長における筋衛星細胞の活性化機構に対する荷重の影響. 第 17 回日本運動生理学会大会, 2009 年 7 月 25 日～26 日, 東京慈恵会医科大学, 東京都.
- ④⑱ 後藤勝正, 他: 骨格筋の可塑性機構と温熱刺激. 第 17 回日本運動生理学会大会シンポジウム「骨格筋の可塑性」, 2009 年 7 月 25 日～26 日, 東京慈恵会医科大学, 東京都.
- [図書] (計 1 件)
- ① Goto, K., Ohira, Y., Yoshioka, T.: Heat stress: A hypertrophic stimulus for skeletal muscles. Osaka University Press, Muscle Cell Physiology, Edited by Ohira, Y.2009, 41-50.
6. 研究組織
- (1) 研究代表者
後藤 勝正(山下 勝正) (GOTO KATSUMASA)
豊橋創造大学・保健医療学部・教授
研究者番号: 70239961
- (2) 研究分担者
大野 善隆 (OHNO YOSHITAKA)
豊橋創造大学・保健医療学部・講師
研究者番号: 80440808
(H21→H23: 連携研究者)
- (3) 連携研究者
大平 充宣 (OHIRA YOSHINOBU)
大阪大学・大学院医学系研究科・教授
研究者番号: 50185378