

## 科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 28 年 6 月 15 日現在

機関番号：32203

研究種目：基盤研究(B) (一般)

研究期間：2012～2015

課題番号：24300189

研究課題名(和文) 加圧トレーニングによる骨格筋肥大の分子機構の解明と高齢者サルコペニアへの応用

研究課題名(英文) Skeletal muscle hypertrophy induced by KAATSU training and its molecular mechanisms and application to older adults with sarcopenia

研究代表者

中島 敏明 (Nakajima, Toshiaki)

獨協医科大学・医学部・教授

研究者番号：50227790

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 6,800,000円

研究成果の概要(和文)：本研究は、加圧トレーニングの高齢者に対する筋肥大、筋力増強に対する効果とともに、ラット加圧モデルを用いて加圧トレーニングの筋肥大の分子機構につき解明することを目的とした。高齢者における低強度加圧トレーニングの筋力増強、筋肥大につき検討した。上肢あるいは下肢のトレーニングの効果、そして、負荷方法としては、マシンか、弾性バンドを使用した。さらに、ラット加圧モデルを用いて、急性の血流制限による筋酸素分圧に対する作用と筋蛋白質合成系に及ぼす影響について検討した。また、慢性の効果ならびにその分子機構につき検討した。加圧トレーニングは、高齢者のサルコペニア対策において有用な方法であると考えられた。

研究成果の概要(英文)：Sarcopenia, the loss of muscle mass, is an important problem in the older population. We have performed several clinical and basic researches. (1) Effects of KAATSU training using low-intensity resistance exercise, using either resistance machines or elastic bands on muscle strength/mass and its safety in older adults. We found that KAATSU training, even using elastic bands for resistance, enhanced muscle activation and increases muscle strength and mass in older subjects. (2) Basic studies using rat KAATSU model. Acute low-intensity isometric electrical contractions under restriction of muscle blood flow (RMBF) significantly decreased microvascular pO<sub>2</sub>, and enhanced phosphorylation of mTOR signaling including ribosomal protein S6, compared with control. And, this EMS stimulation under RMBF significantly enhanced muscle strength/mass and enhanced skeletal muscle oxidative capacity, glucose/monocarboxylate transporter, and mitochondrial biogenesis in rat KAATSU model.

研究分野：rehabilitation

キーワード：sarcopenia anti-aging muscle hypertrophy Kaatsu training rat skeletal muscle 高齢者 筋蛋白質合成系 ミトコンドリア

### 1. 研究開始当初の背景

加齢に伴い筋力、筋量が低下する、これをサルコペニアと呼ばれている。筋量は、50歳を超えると年に約0.45%ずつ低下し、80歳では、青年期の50%以下に低下する。とくに、速筋線維が若年者の50%まで低下する。さらに、臥床では、0.6%/日も筋肉が減少するため、高齢者、サルコペニアの患者では、これがきっかけで、寝たきり、廃用症候群になることも多い。近年、加齢による運動器の障害のために移動能力が低下し、要介護や寝たきりになるロコモティブシンドロームも深刻な社会問題となっている。こうしたサルコペニア予防、対策において、筋力トレーニングは効果的な方法である。サルコペニアは、高齢者では高率に見られるため、全米スポーツ医学会(ACSM)のガイドラインでは、高齢者では、筋力増強、筋肥大のためのレジスタンストレーニングを勧めている。なお、高強度トレーニングは、高齢者では実施すべきではないとしている。しかし、一般的なレジスタンストレーニングでは、最大挙上重量(1 repetition maximum, 1RM)の65%以上の高強度負荷を与えなければ、明らかな筋肥大は起こらないことが知られている。血流制限下のトレーニング(加圧トレーニング)は、従来のレジスタンストレーニングでは得られない20-30% 1RMというほぼ日常活動レベルの低負荷強度でも筋肥大と筋力増強をきたすことが報告されている。さらに、関節への負担も少なく、高齢者に対しても理想的なリハビリ法と考えられる。しかし、加圧トレーニングの高齢者における安全性、筋肥大効果については不明である。

一方、筋肉は、筋タンパク質の同化と異化の平衡により維持され、筋力トレーニングによって、同化の促進が異化の速度を上回らなければ、筋肥大を引き起こすことは難しい。高強度の筋力トレーニングは、筋タンパク質の出納バランスをプラスへ傾け、筋肥大を引き起こすが、高齢者やベッドレストなどの不活動では、筋タンパク質合成が減少し、出納バランスがマイナスに傾き筋萎縮を来す。さらに、廃用性筋萎縮などでは、筋タンパク質のコピキチン化を触媒する骨格筋特異的コピキチンリガーゼである Muscle ring finger 1 (MuRF1)、Muscle atrophy F-box (atrogin-1)などの筋タンパク質異化の促進も筋萎縮に関与している。このように、筋タンパク質同化の抑制、タンパク質異化が促進されると、結果として、筋量が減少し、サルコペニアが発症する。蛋白合成、筋肥大のメカニズムの一つとして、もっとも重要なのが、mammalian target of rapamycin (mTOR)を含む細胞内シグナル伝達経路である。mTOR伝達経路では、成長ホルモンやインスリンなどの細胞外刺激を受けて細胞内のAkt/protein kinase B (PKB)の活性化を経てmTORがリン酸化される。そして、mTORの活性化が、ribosomal protein S6 kinase 1 (S6K1)や

eukaryotic initiation factor (eIF) 4E binding protein 1 (4EBP1)をリン酸化し、mRNAの翻訳の開始や伸長が促進し、タンパク質合成を促進する。Fujitaらは、若年健康人に20% 1RMの膝伸展運動をおこなったとき、加圧下では、S6K1リン酸化タンパク質が非加圧時に比し増加し、筋肉タンパク質合成も促進されることを報告している。しかし、加圧トレーニングの筋肥大の分子機構については、いまだ不明であり、これまで実験的な報告はない。

### 2. 研究の目的

本研究は、高齢者における加圧トレーニングの安全性及び効果、とくに、筋力増強、筋肥大に関して検討することが目的である。さらに、臨床の加圧トレーニングに近いin vivoの血流制限下モデルにより、筋肥大、筋力増強に関する血流制限下のトレーニングの効果(加圧トレーニング)の分子的機序につき解明することも本研究の目的である。ラットのin vivo実験で、麻酔下で神経電気刺激により前脛骨筋(M. tibialis anterior)を収縮させるモデルを用いて、血流制限下のトレーニングによる筋肥大の分子的機序につき検討した。このモデルでは、麻酔下で、電気刺激による慢性のトレーニング実験も可能であり、臨床的にも、筋肉の電気刺激は、筋力トレーニングとして用いられている。

### 3. 研究の方法

#### A) 臨床研究

プロトコル1): 下肢筋力トレーニングマシンを用いた血流制限下の低強度筋力トレーニングが高齢者の筋サイズ、筋力、血管機能に及ぼす影響につき検討

健康な高齢者19名(平均年齢71歳)を加圧群9名と対照群10名(トレーニングなし)に分け、加圧群はレッグエクステンション(20% 1RM)とレッグプレス(30% 1RM)を週2回、12週間行った。血流制限には空圧式ベルトを用い、大腿基部に120~250mmHgの圧を加えた。トレーニング前後に大腿四頭筋、内転筋群、ハムストリングスと大臀筋の筋断面積(CSA、MRI法)、1RM、血流依存性血管拡張検査(FMD)、脈派伝播速度(CAVI)、足関節上腕血圧比(ABI)を測定した。

プロトコル2): 弾性バンドを用いた血流制限下の低強度筋力トレーニングが高齢者の上肢筋サイズ、筋力、血管機能に及ぼす影響につき検討

高齢者でも手軽にできるように、負荷として弾性バンドを用いて検討した。高齢者17名を対象に、高齢者を加圧群と対照群に分け、加圧群は上肢の肘伸展と肘屈曲を週2回、12週間行った。血流制限には空圧式ベルトを用い上肢基部に圧を加えた。トレーニング前後に上腕二頭筋および上腕三頭筋の筋断面積(CSA、MRI法)1RM、血流依存性血管拡張検査(FMD)、脈派伝播速度(CAVI)、足関節上腕血圧比(ABI)、血中FDP、D-Dを前後で測定した。

プロトコル3): 弾性バンドを用いた血流制限下の低強度筋力トレーニングが高齢者の下肢筋サイズに及ぼす影響につき検討

高齢者サルコペニアにおいて、下肢とくに大腿四頭筋の強化が極めて重要である。そこで、弾性バンドを用いた下肢加圧トレーニングの高齢者における下肢の筋肉のサイズに及ぼす効果ならびに安全性につき検討した。方法は、高齢者(年齢61から79歳)を無作為的に加圧群及びコントロール群に分けた。加圧トレーニング群は、ゴムバンドを使用して12週 2日/週 低強度スクワットと膝伸展のトレーニングを行った。加圧群は、トレーニング中に両側の大腿基部に加圧ベルトを装着した。膝伸展の最大自発的等尺性収縮(MVC)、大腿四頭筋の筋横断面(CSA, MRI法)を測定した。

#### B) 基礎研究

プロトコル1): ラット加圧モデルを用いた反復性加圧除圧の血流制限による筋刺激効果の検討

Wistar ラット(11週、オス)を使用し、仰臥位麻酔下で、右大腿近位部に新生児用カフを用い反復血流制限(RBFR)を与え、以下の検討を行った。RBFRは、100mmHgとし、5分加圧、3分除圧を1セットとして6セット繰り返した。RBFR中の筋組織中の酸素分圧(PmO<sub>2</sub>)の変化を phosphorescence quenching 法により検討、さらに、RBFR直後、1-6時間後に左右の前脛骨筋をとりだし、total RNA及びタンパク質を抽出し、mRNAの発現をreal-time RT-PCR法、蛋白発現、リン酸化をWestern blottingで検討した。

プロトコル2): ラット加圧モデルを用いた電気刺激による低強度等尺性収縮による筋酸素分圧と筋蛋白質合成系に及ぼす効果についての検討

ラットの大腿部のカフ装着によって、異なるレベルの血流制限を加え、同時に前脛骨筋に低強度の電気刺激による等尺性収縮を負荷した。このとき酸素分圧動態および発揮張力を評価し、また、同様のプロトコルを実施したラットの筋を摘出し、肥大因子の活性化応答を運動3時間後に調べた。

プロトコル3): 電気刺激による低強度等尺性収縮によるラット骨格筋各種蛋白質発現に及ぼす血流制限(加圧)の影響について

ラットをコントロール群、電気刺激のみ群、加圧下電気刺激群、加圧のみの4群に分けて検討した。低強度電気刺激によるトレーニング(前脛骨筋に等尺性収縮)を、週3回3週間実施し、トレーニング後に筋重量の測定とともに、前脛骨筋を摘出して蛋白発現をWestern blotting法により検討した。

#### 4. 研究成果

A) 臨床研究プロトコル1): 大腿四頭筋、内転筋群と大臀筋 CSAは、加圧群(4.4%~8.0%)では増加(p<0.05)したが、対照群では変化がなかった(-2.2%~-1.0%)。また、2種類の1RMは、加圧群(26.1%-33.4%)では増加

(p<0.01)したが、対照群では変化がなかった(1.0%~5.2%)。一方、FMD、CAVIとABIは両群とも変化がなかった。加圧トレーニングは血管機能を維持しながら筋サイズと筋力を改善するため、リハビリ患者や低体力の高齢者に対して有用なトレーニングであることが判明した。

プロトコル2): 上腕二頭筋および上腕三頭筋 CSAは、加圧群では有意に増加したが、加圧なしのトレーニングでは変化しなかった。また、2種類の1RMは、加圧群では、有意に増加したが、対照群では変化がなかった。一方、FMD、CAVI、ABI、FDP、D-Dは、トレーニング前後で有意な変化は認めなかった。以上より、加圧トレーニングは、負荷として弾性バンドを用いた場合でも、トレーニングマシンと同様に安全性を確保したまま、十分な筋肥大効果が観察できることを確認した。

プロトコル3): 加圧トレーニング群では、大腿四頭筋 CSAは有意に増加した(平均7.2%)。膝伸展 MVCも有意に増加した(平均14.2%, p<0.01)。以上より、高齢者において、下肢筋力強化として負荷として弾性バンドを用いた場合でも、十分な筋力増強、筋肥大をきたすことが判明した。

#### B) 基礎研究

プロトコル1): 加圧中、筋酸素分圧は著明に低下し、除圧中に回復した。RBFR1時間後では、ribosomal S6 kinase 1(S6K1)、ribosomal protein S6の有意なリン酸化の亢進を加圧脚で認めた。Akt, 4E-BP1, AMPK, ERK1/2のリン酸化、REDD1蛋白の有意な増加はみられなかった。Myostatin, atrogen-1, MuRF-1の有意な変化は認めなかった。ラット加圧モデルにおいて、加圧除圧刺激のみでもmTOR系を活性化することが判明した。

プロトコル2): 筋酸素分圧値の低下が大きい条件下での運動はmTORシグナル系であるS6の活性化応答を亢進することが示された。

プロトコル3): プロトコル2)をもとに、ラットに対して3週間(週3回)の慢性実験では、加圧を実施した脚では顕著な筋肥大を確認した。また、コントロール群および加圧のみ群、電気刺激のみ群に比し、加圧下電気刺激では、GLUT4、PGC1 $\alpha$ の有意な発現の亢進を認めた。コントロール群に比し、電気刺激のみ群、加圧下電気刺激群では、FNDC5、COX4、乳酸/H<sup>+</sup>輸送体MCT1の有意な発現の亢進を認めた。MCT1の発現は、加圧群でより顕著であった。GLUT4、MCT1、FNDC5、COX4の発現とPGC1 $\alpha$ の発現は有意な相関が見られた。

以上より、血流制限下(加圧下)での慢性低強度電気刺激によるトレーニングでは、筋肥大とともに、GLUT4、PGC1 $\alpha$ 、COX4、MCT1などの発現が有意に亢進し、ミトコンドリア機能、糖代謝改善につながる可能性があり、今後、高強度のトレーニングが実施できない高齢者、廃用症候群などへの新たなトレーニング

ング法となる可能性があると考えられた。

#### 5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕(計 20 件)

1) Nakajima T, Yasuda T, Koide S, Yamasoba T, Obi S, Toyoda S, Sato Y, Inoue T, Kano Y. Repetitive restriction of muscle blood flow enhances mTOR signaling pathways in a rat model. *Heart Vessels* (in press)

2) Yasuda T, Fukumura K, Iida H, Nakajima T. Effects of detraining after blood flow-restricted low-load elastic band training on muscle size and arterial stiffness in older women. *Springerplus*. 2015;4:348.doi:10.1186/s40064-015-1132-2. eCollection 2015.

3) Yasuda T, Nakajima T. Response to the Letter "Blood Flow Restricted Training in Older Adults: Consider Standardized Methodology for Future Investigations?" *J Gerontol A Biol Sci Med Sci*. 2015 Oct 15. pii: glv178.

4) Yamauchi F, Adachi H, Tomono JI, Toyoda S, Iwamatsu K, Sakuma M, Nakajima T, Oshima S, Inoue T. Effect of a cardiac rehabilitation program on exercise oscillatory ventilation in Japanese patients with heart failure. *Heart Vessels*. 2015 Dec 19. [Epub ahead of print]

5) Yasuda T, Fukumura K, Uchida Y, Koshi H, Iida H, Masamune K, Yamasoba T, Sato Y, Nakajima T. Effects of low-load, elastic band resistance training combined with blood flow restriction on muscle size and arterial stiffness in older adults. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci*. 2015 Aug;70:950-8.doi:10.1093/gerona/ glu084.

6) Nakajima T, Yasuda T, Fukumura K, Kurano M, Imanishi T, Morita T, Sato Y, Hiraizumi Y. KAATSU training as a new exercise therapy for femoral head avascular necrosis: A case study. *Int J KAATSU Training Res* 2015;11:1-6.

7) Yasuda T, Fukumura K, Iida H, Nakajima T. Effect of low-load resistance exercise with and without blood flow restriction to volitional fatigue on muscle swelling. *Eur J Appl Physiol*. 2015;115(5):919-26.doi: 10.1007/s00421-014-3073-9.

8) Yasuda Y, Fukumura K, Fukuda T, Uchida Y, Iida H, Meguro M, Sato Y, Yamasoba T, Nakajima T. Muscle size and arterial stiffness after blood flow-restricted low-intensity resistance training in older adults. *Scand J Med Sci Sports* 2014; 24: 799-806.

9) Yasuda T, Fukumura K, Fukuda T, Iida H, Imuta H, Sato Y, Yamasoba T, Nakajima T. Effects of low-intensity, elastic band resistance exercise combined with blood flow restriction on muscle activation.

*Scandinavian Journal of Medicine and Science in Sports* 2014; 24: 55-61.

10) Yasuda T, Fukumura K, Sato Y, Yamasoba T, Nakajima T. Effects of detraining after blood flow restricted low-intensity training on muscle size and strength in older adults. *Aging Clinical and Experimental Research* 2014; 26: 561-564.

11) Iwashita H, Morita T, Sato Y, Nakajima T. KAATSU training in a case of patients with periventricular leukomalacia (PVL). *International Journal of KAATSU Training Research* 2014; 10: 7-11.

12) Madarame H, Kurano M, Fukumura K, Fukuda T, Nakajima T. Hemostatic and inflammatory responses to blood flow-restricted exercise in patients with ischemic heart diseases: a pilot study. *Clin Physiol Funct Imaging*. 2013; 33: 11-7.

13) Fukuda T, Kurano M, Fukumura K, Yasuda T, Iida H, Morita T, Yamamoto Y, Takano N, Komuro I, Nakajima T. Cardiac rehabilitation increases exercise capacity with a reduction of oxidative stress. *Korean Circ J*. 2013;43:481-487.

14) Fukuda T, Yasuda T, Fukumura K, Iida H, Morita T, Sato Y, Nakajima T. Low-intensity kaatsu resistance exercise using an elastic band enhances muscle activation in patients with cardiovascular diseases. *Int J KAATSU Training Res* 2013; 9: 1-5.

15) Eshima H, Tanaka Y, Sonobe T, Inagaki T, Nakajima T, Poole DC, Kano Y. In vivo imaging of intracellular  $Ca^{2+}$  after muscle contractions and direct  $Ca^{2+}$  injection in rat skeletal muscle in diabetes. *Am J Physiol Regul Integr Comp Physiol*. 2013 Sep 15;305(6):R610-618.

16) Takano NK, Tsutsumi T, Suzuki H, Okamoto Y, Nakajima T. Time frequency power profile of QRS complex obtained with wavelet transform in spontaneously hypertensive rats. *Comput Biol Med*. 2012 Feb;42(2):205-212.

17) Nakajima T, Kurano M, Hasegawa T, Iida H, Takano H, Fukuda T, Madarame H, Fukumura K, Sato Y, Yasuda T, Morita T. The effects of low-intensity KAATSU resistance exercise on intracellular neutrophil PTX3 and MPO. *Int J KAATSU Training Res* 2012; 8: 1-8.

18) Fukuda T, Matsumoto A, Kurano M, Takano H, Iida H, Morita T, Yamashita H, Hirata Y, Nagai R, Nakajima T. Cardiac output response to exercise in chronic cardiac failure patients.: Role of stroke volume. *Int Heart J* 2012; 53: 293-298.

19) Uchida Y, Morita T, Fukumura K, Otsuka

T, Fukuda T, Sato Y, Nakajima T. Effects of KAATSU training on a patient with benign fasciculation syndrome. *Int J KAATSU Training Res* 2012; 8: 9-12.

20) Fukuda T, Kurano M, Iida H, Takano H, Tanaka T, Yamamoto Y, Ikeda K, Nagasaki M, Monzen K, Uno K, Kato M, Shiga T, Maemura K, Matsuda N, Yamashita Y, Hirata Y, Nagai R, Nakajima T. Cardiac rehabilitation decreases plasma pentraxin 3 in patients with cardiovascular diseases. *Eur J Prev Cardiol* 19. 1393-1400 (2012)  
〔学会発表〕(計 32 件)

1) 第 80 回日本循環器学会総会・学術集会 2016.3.18-20(仙台) Chronic Isometric Electrical Stimulation under Blood Flow Restriction Induces Divergent Response of Metabolite Transport Proteins in Rat KAATSU Model. Nakajima T, Obi S, Toyoda S, Inoue T, Kano Y.

2) KAATSU International Symposium 2015 (2015.11.5-6, Boston) Guest Lecture. Skeletal Muscle Hypertrophy Induced by Novel KAATSU Rehabilitation and Prevention of Sarcopenia. Nakajima T.

3) 第 79 回日本循環器学会総会・学術集会 2015.4.24-26(大阪) Effect of elastic-band resistance training combined with blood flow restriction on muscle performance and vascular function in older adults. Yasuda T, Fukumura K, Tomaru T, Nakajima T.

4) 第 33 回日本臨床運動療法学会(大阪:2014 年 9 月 6 日) パネルディスカッション 加圧トレーニングの臨床応用効果と基礎的研究。中島敏明

5) 第 65 回日本体育学会(岩手:2014 年 8 月 25-28 日) 疲労困憊に至る低強度レジスタンス運動が muscle swelling への影響 血流制限と非血流制限の比較。安田智洋、福村和也、中島敏明

6) International Academy of Cardiology Annual Scientific Sessions 2014 19th World Congress on Heart Disease (Boston, MA, USA. July 25-28, 2014) Skeletal Muscle Hypertrophy Induced by Novel KAATSU Rehabilitation and Prevention of Sarcopenia (Invited Lecture). Nakajima T, Yasuda T, Koide S, Sato Y, Morita T, Tomaru T, Kano Y.

7) International Academy of Cardiology Annual Scientific Sessions 2014 19th World Congress on Heart Disease (Boston, MA, USA. July 25-28, 2014) Repetitive Application of Restriction of Muscle Blood Flow Enhances mTOR Signaling Pathways in a Rat Model. Nakajima T, Yasuda T, Koide S, Sato Y, Tomaru T, Kano Y.

8) 第 20 回日本心臓リハビリテーション学会(京都:2014 年 7 月 19-20 日) シンポジウム 2: 日本心臓リハビリテーション学会 20 周

年特別企画 2 . 先制予防を可能にする実践的試み。中島敏明

9) 第 20 回日本心臓リハビリテーション学会(京都:2014 年 7 月 19-20 日) パネルディスカッションポジウム 8。心疾患患者に対する加圧トレーニングの理論と実践。中島敏明

10) 第 20 回日本心臓リハビリテーション学会(京都:2014 年 7 月 19-20 日) 血流制限下のセラバンドトレーニングと脱トレーニングが高齢者の筋サイズ、筋力と血管機能に及ぼす影響。安田智洋、福村和也、飯田陽子、輿日登美、佐藤義昭、中島敏明

11) 第 78 回日本循環器学会総会・学術集会 2014. 3.21-23 (東京) Effects of Elastic Band Resistance Training Combined with Blood Flow Restriction on Muscle Size and Arterial Stiffness in Older Adults. Yasuda T, Iida H, Sato Y, Komuro I, Nakajima T.

12) 第 78 回日本循環器学会総会・学術集会 2014.3.21-23(東京) Reduction in Microvascular Oxygen Partial Pressure during Exercise Affects as Factor to Enhance Skeletal Muscle Hypertrophy Signaling. Koide S, Sato Y, Yasuda T, Nakajima T, Kano Y

13) The Scientific Sessions, American Heart Association 2013 (Dallas, Texas, USA, 2013/11/16-11/20) Nakajima T, Yasuda T, Koide S, Sato Y, Takano N, Yamasoba T, Komuro I, Kano Y. Repetitive restriction of muscle blood flow enhances mTOR signaling pathways in a rat model.

14) 第 68 回日本体力医学会学術集会(2013.9.21-23、東京) 糖尿病骨格筋における Ca<sup>2+</sup>制御タンパク質の変化。江島弘晃, 小出誠一郎, 中島敏明, 狩野豊

15) 第 68 回日本体力医学会学術集会(2013.9.21-23、東京) 運動中の筋酸素分圧および肥大因子活性に及ぼす血流制限の影響 小出誠一郎, 須藤みず紀, 佐藤義昭, 安田智洋, 中島敏明, 狩野豊

16) 第 68 回日本体力医学会学術集会(2013.9.21-23、東京) 長期ディトレーニングが加圧トレーニング後の筋力、筋サイズに及ぼす影響。安田智洋, 福村和也, 中島敏明

17) 第 19 回日本心臓リハビリテーション学会学術集会(2013.7.14-16 仙台) 心臓病患者におけるエラスティックバンドを用いた低強度加圧レジスタンス運動の筋活動に及ぼす効果。福田平、安田智洋、福村和也、飯田陽子、佐藤義昭、小室一成、中島敏明

18) 第 19 回日本心臓リハビリテーション学会学術集会(2013.7.14-16 仙台) 血流制限下の低強度筋力トレーニングが高齢者の筋サイズ、筋力、血管機能に及ぼす影響。安田智洋、福村和也、福田平、飯田陽子、内田佑介、目黒美葉、佐藤義昭、小室一成、中島敏明

19) 第 6 回東京アンチエイジングアカデミー 2013.6.27 (東京) ラット加圧モデルにおける mTOR シグナルへの影響について 中島敏明

20) 第 86 回日本整形外科学会学術総会  
2013.5.24 (広島)イブニングセミナー 加圧  
トレーニングの理論と実践 中島敏明

21) The 60th American College of Sports  
Medicine (Indianapolis, Indiana, USA,  
2013/5/8-6/1) Muscle size and arterial  
compliance after blood flow-restricted  
low-intensity resistance training in  
elderly adults. Yasuda T, Fukumura K,  
Fukuda T, Uchida Y, Iida H, Ohtsuka T,  
Chujo Y, Meguro M, Sato Y, Nakajima T.

22)The 60th American College of Sports  
Medicine(Indianapolis, Indiana, USA, 2013/  
5/8-6/1)Repetitive restriction of muscle  
blood flow enhances mTOR signaling  
pathways in rat Kaatsu model. Nakajima T,  
Yasuda T, Koide S, Takano N, Sato Y, Kano  
T.

23) 第 12 回日本再生医療学会総会  
2013.3.21-23 (横浜)ランチョンセミナー  
加圧トレーニングと臨床効果. 中島敏明、安  
田智洋

24) 第 77 回日本循環器学会総会・学術集  
2013.3.15-17(横浜)Repetitive Restriction  
of Muscle Blood Flow Enhances mTOR  
Signaling Pathways in Rat KAATSU Model.  
Nakajima T, Yasuda T, Takano N, Koide S,  
Sato Y, Kano Y.

25) 第 22 回東海心臓リハビリテーション研  
究会 (2012.10.27,名古屋) 特別講演 心臓  
リハビリにおける新たなトレーニング様式.  
中島敏明

26) 第 67 回日本体力医学会学術集会  
(2012.9.14-16、岐阜) 運動中の筋酸素分圧  
動態に及ぼす血流制限の影響. 小出誠一郎,  
狩野豊, 須藤みず紀, 佐藤義昭, 安田智洋,  
中島敏明

27) 第 18 回日本心臓リハビリテーション学  
会学術集会 (2012.7.14-16 大宮) トピック  
ス 2 加圧トレーニングが体幹筋へ及ぼす影  
響. 安田智洋、中島敏明

28) 第 18 回日本心臓リハビリテーション学  
会学術集会 (2012.7.14-16 大宮) 教育デ  
モンストレーション 2 .加圧トレーニングの理  
論と実践. 中島敏明

29) 第 18 回日本心臓リハビリテーション学  
会学術集会 (2012.7.14-16 大宮) 運動中の  
筋酸素分圧、発揮張力、肥大因子タンパク発  
現に及ぼす血流制限の影響: ラット加圧モデ  
ルによる検討. 小出誠一郎、狩野豊、須藤み  
ず紀、安田智洋、高野奈美、佐藤義昭、中島  
敏明。

30) 日本心臓リハビリテーション学会学術  
集会 (2012.7.14-16 大宮) セラバンドを用  
いた血流制限下の低強度運動が筋活動に及  
ぼす影響. 安田智洋、福村和也、福田平、内  
田祐介、飯田陽子、佐藤義昭、中島敏明。

31) The 59th American College of Sports  
Medicine (San Fransisco, CA, USA,  
2012/5/29-6/2)Blood Flow Restriction

Enhances Oxidant Stress and Anti-oxidant  
Capacity during Aerobic Exercise in  
Healthy Subjects. Nakajima T, Kurano M,  
Takano H, Yasuda T, Takano N, Iida H,  
Fukuda T, Fukumura K, Sato Y, Morita T,  
Yamasoba T

32) The 59th American College of Sports  
Medicine (San Fransisco, CA, USA,  
2012/5/29-6/2)Effects of blood-flow  
restricted low intensity muscle  
contractions using elastic band on muscle  
activation. Yasuda T, Fukumura K, Otsuka  
T, Fukuda T, Uchida Y, Iida H, Chujo Y, Sato  
Y, Yamasoba T, Nakajima T.

〔図書〕(計 3 件)

中島敏明、福村和也、安田智洋。先制予防を  
可能にする実践的試み:加圧トレーニング。  
心臓リハビリテーション(JJCR) 20:51-55,  
2015.

中島敏明: "加圧トレーニングの効果" 循環  
器内科 Cardiology. 73: 70-79, 2013.

中島敏明: "トピックス 2. 加圧トレーニング  
と心臓リハビリテーション(まとめ)" 日本  
心臓リハビリテーション(JJCR). 18: 58-60,  
2013.

〔産業財産権〕

出願状況(計 0 件)

名称:

発明者:

権利者:

種類:

番号:

出願年月日:

国内外の別:

取得状況(計 0 件)

名称:

発明者:

権利者:

種類:

番号:

取得年月日:

国内外の別:

〔その他〕

ホームページ等

6. 研究組織

(1)研究代表者

中島 敏明 (NAKAJIMA TOSHIAKI)

獨協医科大学・医学部・教授

研究者番号: 5 0 2 2 7 7 9 0

(2)研究分担者

( )

研究者番号:

(3)連携研究者

狩野豊 (KANO YUTAKA)

電気通信大学・情報理工学(系)研究科・  
教授

研究者番号: 9 0 2 9 3 1 3 3