

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 26 年 6 月 5 日現在

機関番号：12601

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2011～2013

課題番号：23700713

研究課題名(和文) 加圧トレーニングの利点を生かした筋力改善プログラムの開発

研究課題名(英文) Development of muscle strength improvement have an important advantage in Kaatsu training.

研究代表者

安田 智洋 (Yasuda, Tomohiro)

東京大学・医学部附属病院・講師

研究者番号：20549604

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,200,000円、(間接経費) 960,000円

研究成果の概要(和文)：本研究の結果「1)加圧トレーニングは、高強度トレーニングを併用すると顕著な神経系の適応を促し、筋力改善として有効 2)加圧運動は伸張性筋活動であっても、高強度筋力運動と比べて筋痛が極めて低く、短期集中トレーニングの実施に有用 3)セラバンドを用いた加圧運動は運動中の筋活動量を顕著に高め、リハビリ患者や低体力の高齢者に対して有用 4)トレーニングマシンを利用し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 5)加圧トレーニングによる筋力増加は長期間残存し、筋サイズよりも神経系の適応の関与による」ことが判明した。

研究成果の概要(英文)：Our results show that

1) low-intensity resistance training with blood flow restriction (BFR)-induced functional muscle adaptation is improved by combining it with high-intensity resistance training. 2) Eccentric-BFR produces significant muscle soreness at 24 h but neither eccentric-BFR nor concentric-BFR exercise produces significant changes in multiple indices of exercise-induced muscle damage. 3) BFR resistance exercise using elastic bands for resistance enhances muscle activation and may be an effective method to promote muscle hypertrophy in older adults or patients with a low level of activity. 4) BFR resistance training (BFR-RT) improves muscle cross-sectional area (CSA) as well as maximal muscle strength, but does not negatively affect arterial stiffness or humeral coagulation factors in older adults. 5) Increased muscle strength following 12 weeks of training with BFR-RT was well preserved at 24 weeks of detraining, which is due mainly to neural adaptation in older adults.

研究分野：スポーツ科学

科研費の分科・細目：トレーニング科学

キーワード：加圧トレーニング 筋力トレーニング 神経-筋系

1. 研究開始当初の背景

(1) 近年、外部圧迫によって活動筋への動脈血および活動筋からの静脈還流を制限した状態で、低強度負荷トレーニング(加圧トレーニング)を実施すると著しい筋サイズおよび筋力の増加が引き起こされると報告されている。

(2) 加圧トレーニングは筋力改善に有効だが、これまでの報告はトレーニング条件が限定されており、様々な条件下での筋力・筋サイズに対する有用性を検討する必要があった。

2. 研究の目的

加圧トレーニングの利点を生かした筋力改善プログラムの開発をすること。

3. 研究の方法

(1) 加圧トレーニングと高強度筋力トレーニングの併用が筋力と筋サイズに及ぼす影響を検討した。一般成人男性をランダムに4群「高強度群(最大挙上重量(1RM)の75%)、血流制限群(30% 1RM)、併用群(高強度:1回/週+血流制限:2回/週)、対照群(トレーニングなし)」に分け、6週間(3回/週)のベンチプレストレーニングを実施した。血流制限には空圧式ベルトを用い、上腕基部には~160mmHgの圧を加えた。

(2) 加圧条件下で短縮性運動(CON)と伸張性運動(ECC)を行い、筋痛に対する影響を検討した。一般成人男性の腕をランダムにCONとECCに分け、30% 1RMで片側のアームカール運動を実施し、運動前から運動4日後まで、各種測定を行った。血流制限には空圧式ベルトを用い、上腕基部には~160mmHgの圧を加えた。

(3) セラバンドを用いた血流制限下の低強度運動(加圧運動)が筋活動に及ぼす影響を検討した。一般成人男性9名にセラバンド(最大筋力の約20%負荷強度)を用いて肘伸展および肘屈曲運動を加圧あり(BFR)と加圧なし(CON)を実施した。血流制限には空圧式ベルトを用い、上腕基部には~270mmHgの圧を加えた。

(4) トレーニングマシンを利用した加圧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を検討した。健康な高齢者(平均年齢71歳)をランダムに加圧群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、大腿基部には~270mmHgの圧を加えた。

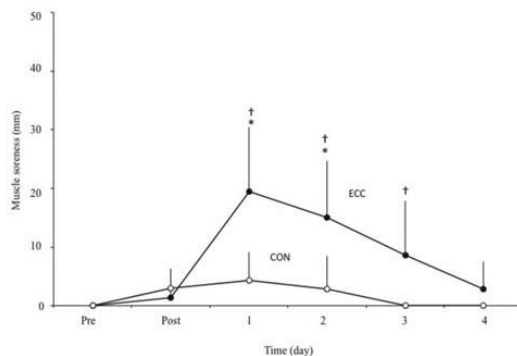
(5) 筋力トレーニングの中止(デイトレー

ニング:DT)は筋力・筋サイズの低下を招く。加圧トレーニングは高齢者の筋力増加・筋肥大に有効だが、DTの影響は知られていない。そこで、長期デイ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を検討した。健康な高齢者16名(平均年齢68歳)を加圧群(8名)と対照群(8名、トレーニングなし)に分け、加圧群はニーエクステンション(KE)とレッグプレス(LP)を20% 1RMと30% 1RM(各4セット)で週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。トレーニング期間の前後(PreとPost)とDT24時間後に1RMと大腿四頭筋の横断面積(大腿50%位置、MRI法)を測定し、Preからの変化を観察した。

4. 研究成果

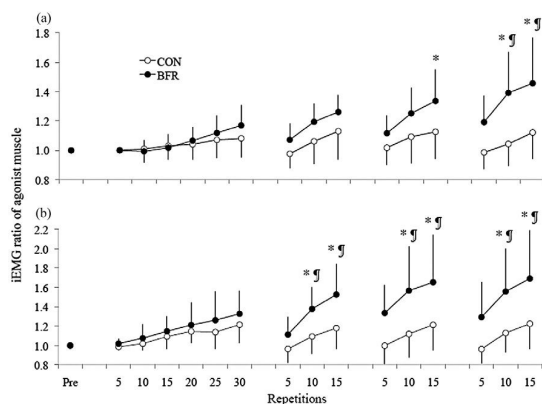
(1) 6週間後、トレーニングを実施した3群ではベンチプレス最大筋力、上腕三頭筋と大胸筋の筋サイズが増加した。一方、相対的筋力(力/サイズ)は高強度群と併用群で増加したが、血流制限群では変化がなかった。したがって、加圧トレーニングは、高強度トレーニングを併用することで顕著な神経系の適応を促すため、筋力改善として有効な方法であることが判明した。

(2) 肘屈曲の等尺性最大筋力は運動直後にCONで36%、ECCで12%の低下を示したが、1-4日後では有意な低下は観察されなかった。上腕の筋厚(前面)と周径囲は運動直後にCONで顕著な増加を示したが、ECCでは変化がみられなかった。しかしながら、筋痛(Muscle soreness)は1-2日後でECCのみで観察された(下図)。本研究の結果、CONでは筋痛は観察されず、またECCで観察された筋痛も小さかった。したがって、加圧運動はECCであっても高強度レジスタンス運動と比べて筋痛が極めて低いため、短期集中トレーニングの実施に有用であると考えられた。

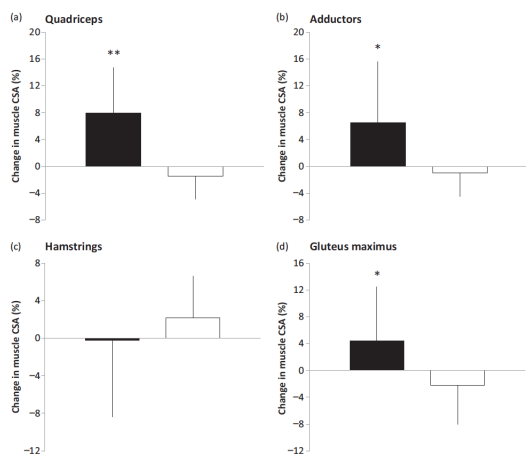


(3) BFRでは、両種類の筋活動量(iEMG)は運動に伴い有意に増加した(46-69%)。一方、CONでは筋活動量の増加は観察されなかった(12-23%)(下図)。セラバンドを用いた加圧運動は運動中の筋活動量を顕著に高めるため、リハビリ患者や低体力の高齢者に対して有用な筋力トレーニングとなる可能

性が示唆された。



(4) 12週間後、大腿四頭筋 (quadriceps)、内転筋群 (adductors) と大臀筋 (Gluteus maximus) の筋横断面積 (CSA) は加圧群 () (4.4-8.0%) では有意に増加したが、対照群 () では変化がなかった (下図)。また、2 種目の最大筋力は、加圧群 (26-33%) では増加したが、対照群では変化がなかった (1-5%)。一方、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) は両群とも変化がなかった。トレーニングマシンを利用し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。



(5) 加圧群の 1RM (KE と LP) は Post で増加 ($p < 0.01$) し、LP は DT でも高値 ($p < 0.05$) を示した。加圧群の筋横断面積は Post で増加 ($p < 0.01$) し、DT で Pre と同等の値に戻った。また、加圧群の 1RM / 筋横断面積は Post で増加 ($p < 0.01$) し、DT でも Pre より有意な高値を示した。対照群はどの項目も変化がなかった。加圧トレーニングによる筋力増加は長期間残存し、筋サイズよりも神経系の適応の関与によるためと考えられた。

5. 主な発表論文等

[雑誌論文] (計 1 1 件)

Yasuda T, Ogasawara R, Sakamaki M, Ozaki H, Sato Y, Abe T. Combined effects of low-intensity blood flow restriction training and high-intensity resistance training on muscle strength and size. *European Journal of Applied Physiology* 111 (10): 2525-2533, 2011. 査読有. DOI: 10.1007/s00421-011-1873-8

Yasuda T, Ogasawara R, Sakamaki M, Bembem MG, Abe T. Relationship between limb and trunk muscle hypertrophy following high-intensity resistance training and blood flow-restricted low-intensity resistance training. *Clinical Physiology and Functional Imaging* 31 (5): 347-351, 2011. 査読有. DOI:

10.1111/j.1475-097X.2011.01022.x
Nakajima T, **Yasuda T**, Sato Y, Morita T. Effects of exercise and anti-aging (Review). *Anti-Aging Medicine* 8 (7): 92-102, 2011.

Yasuda T, Loenneke JP, Thiebaud RS, Abe T. Effects of low-intensity blood flow restricted concentric or eccentric training on muscle size and strength. *PLoS One* 7 (12) e52843, 2012. 査読有. DOI:

10.1371/journal.pone.0052843
Sakamaki M, **Yasuda T**, Abe T.

Comparison of low-intensity blood flow restricted training-induced muscular hypertrophy in eumenorrhic women in the follicular phase and luteal phase and age-matched men. *Clinical Physiology and Functional Imaging* 32 (3): 185-191, 2012. 査読有. DOI:

10.1111/j.1475-097X.2011.01075.x.
Ogawa M, Loenneke JP, **Yasuda T**, Fahs CA, Rossow LM, Thiebaud RS, Bembem MG, Abe T. Time course changes in muscle size and fatigue during walking with restricted leg blood flow in young men. *Journal of Physical Education and Sports Management* 3 (1): 14-19, 2012. 査読有. DOI: 10.5897/JPEM12.002

Ogasawara R, **Yasuda T**, Ishii N, Abe T. Comparison of muscle hypertrophy following 6-month of continuous and

periodic strength training. *European Journal of Applied Physiology* 113 (4) 975-985, 2013. 査読有. DOI: 10.1007/s00421-012-2511-9

Ozaki H, **Yasuda T**, Ogasawara R, Sakamaki-Sunaga M, Naito H, Abe T. Effects of high-intensity and blood flow-restricted low-intensity resistance training on carotid arterial compliance: Role of blood pressure during training sessions. *European Journal of Applied Physiology* 113 (1) 167-174, 2013. 査読有. DOI: 10.1007/s00421-012-2422-9

Thiebaud RS, **Yasuda T**, Loenneke JP, Abe

T. Indirect markers of muscle damage induced by low-intensity blood flow restricted concentric or eccentric muscle action. *Interventional Medicine and Applied Science* 5 (2) 53-59, 2013. 査読有. DOI: 10.1556/IMAS.5.2013.2.1

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 & Science in Sports* 24 (1) 55-61, 2014. 査読有. DOI:

10.1111/j.1600-0838.2012.01489.x

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* (in press). 査読有. DOI:

10.1007/s40520-014-0208-0

〔学会発表〕(計17件)

安田智洋「加圧トレーニングはサルコペニア対策として有用か?」(第11回日本抗加齢医学会総会 シンポジスト、国立京都国際会館、2011.5.28)

Yasuda T, Nishihara K, Suzuki Y, Ogasawara R, Ogawa M, Sato Y, Abe T. Muscle fiber conduction velocity after low-intensity biceps curl exercise with blood flow restriction. *11th International Sport Sciences Congress* (Antalya, Turkey, 2010.11.10-12)

Ogasawara R, **Yasuda T**, Sakamaki M, Bemben MG, Abe T. Is there a relationship between limb and trunk muscle hypertrophy after high-intensity and low-intensity-BFR training. *58th Annual Meeting of the American College of Sports Medicine* (Denver, USA, 2011.5.31-6.4)

Ogawa M, **Yasuda T**, Sato Y, Abe T. Time course of muscle swelling and muscle fatigue walk exercise with restricted leg blood flow in young men. *11th International Sport Sciences Congress* (Antalya, Turkey, 2010.11.10-12)

須永美歌子、小笠原理紀、**安田智洋**「若年女性における血流制限下の低強度レジスタンス運動が成長ホルモン濃度に及ぼす影響」第66回日本体力医学会(山口、2011.9.16-18)

安田智洋「体幹筋群に対する加圧トレーニングの効果」(第14回加圧トレーニング・カンファレンス 教育講演、大阪、2011.10.16)

安田智洋、安部孝「筋力と筋サイズに及ぼす短期デイトレーニングの影響：血流制限下低強度と高強度筋力トレーニング

の比較」第24回日本トレーニング科学会(東京、2011.11.5-6)

Yasuda T, Fukumura K, Ohtsuka T, Fukuda T, Uchida Y, Iida H, Chujo Y, Sato Y, Yamasoba T, Nakajima T. Effects of blood flow-restricted low-intensity muscle contractions using an elastic band on muscle activation. *59th Annual Meeting of the American College of Sports Medicine* (San Francisco, USA, 2012.5.29-6.2)

Nakajima T, **Yasuda T**, Koide S, Takano N, Sato Y, Kano Y. Repetitive restriction of muscle blood flow enhances mTOR signaling pathways in rat KAATSU mode. *60th Annual Meeting of the American College of Sports Medicine* (Indianapolis, USA, 2013.5.28-6.1)

安田智洋「加圧トレーニングが体幹筋群へ及ぼす影響」(第18回日本心臓リハビリテーション学会学術集会 シンポジスト、大宮、2012.7.14-15)

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「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」第18回日本心臓リハビリテーション学会学術集会(埼玉、2012.7.14-15)

小出誠一郎、狩野豊、須藤みず紀、**安田智洋**、高野奈実、佐藤義昭、中島敏明「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証」第18回日本心臓リハビリテーション学会学術集会(埼玉、2012.7.14-15)

小出誠一郎、狩野豊、須藤みず紀、**安田智洋**、中島敏明「運動中の筋酸素分圧動態に及ぼす血流制限の影響」第67回日本体力医学会(岐阜、2012.9.14-16)

安田智洋、中島敏明、安部孝「短縮性と伸張性の血流制限下低強度トレーニングが筋力と筋サイズに及ぼす影響」第25回日本トレーニング科学会大会(滋賀、2012.12.1-2)

安田智洋「加圧トレーニングとサルコペニア」(第12回日本再生医療学会総会、ランチョンセミナー、講師、横浜、2013.3.21)

小笠原理紀、**安田智洋**、藤田聡、安部孝「疲労困憊に至る低強度レジスタンス運動の筋疲労特性と筋肥大効果」第25回日本トレーニング科学会大会(滋賀、2012.12.1-2)

安田智洋、福村和也、中島敏明「長期デイ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」第68回日本体力医学会(東京、2013.9.23)

〔図書〕(計0件)

〔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

<http://researchmap.jp/read0133286/>

6. 研究組織

(1)研究代表者

安田 智洋 (TASUDA, Tomohiro)

東京大学・大学院医学系研究科・特任講師

研究者番号：20549604

(2)研究分担者

なし()

研究者番号：

(3)連携研究者

なし()

研究者番号：